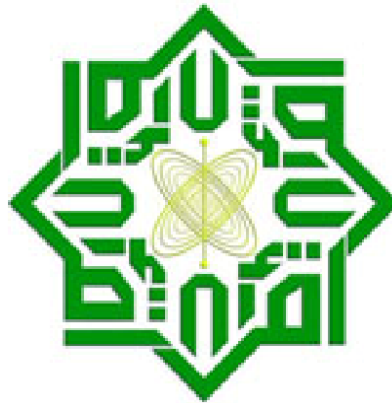




PERANCANGAN PENGENDALI MRAC-PD UNTUK PENGENDALIAN KECEPATAN GERAK AKTUATOR HIDROLIK PADA MESIN PRES UNTUK PROSES *DEEP DRAWING*

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi



UIN SUSKA RIAU

Oleh :

HARIANDI
11355104562

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU
PEKANBARU
2021**

UIN SUSKA RIAU





Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LEMBAR PERSETUJUAN

**PERANCANGAN PENGENDALI MRAC-PD UNTUK PENGENDALIAN
KECEPATAN GERAK AKTUATOR HIDROLIK MESIN
PRES PADA PROSES *DEEP DRAWING***

TUGAS AKHIR

Oleh:

HARIANDI
11355104562

Telah diperiksa dan disetujui sebagai Laporan Tugas Akhir
Program Studi Teknik Elektro di Pekanbaru, pada tanggal 18 Februari 2021

Ketua Program Studi Teknik Elektro

Ewi Ismaredah, S.Kom., M.Kom.
NIP. 19750922 200912 2 002

Pembimbing Tugas Akhir

Halim Mudia, S.T., M.T.
NIK. 130517053



b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LEMBAR PERSETUJUAN

PERANCANGAN PENGENDALI MRAC-PD UNTUK PENGENDALIAN KECEPATAN GERAK AKTUATOR HIDROLIK MESIN PRES PADA PROSES *DEEP DRAWING*

TUGAS AKHIR

Oleh:

HARIANDI
11355104562

Telah diperiksa dan disetujui sebagai Laporan Tugas Akhir
Program Studi Teknik Elektro di Pekanbaru, pada tanggal 18 Februari 2021

Ketua Program Studi Teknik Elektro

Ewi Ismaredah, S.Kom., M.Kom.
NIP. 19750922 200912 2 002

Pembimbing Tugas Akhir

Halim Mudia, S.T., M.T.
NIK. 130517053



LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL

© Hak Cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang menyalin sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masa
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Tugas Akhir yang tidak diterbitkan ini terdaftar dan tersedia di Perpustakaan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau adalah terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta pada penulis. Referensi kepustakaan diperkenankan dicatat, tetapi pengutipan atau ringkasan hanya dapat dilakukan seizin penulis dan harus disertai dengan kebiasaan ilmiah untuk menyebutkan sumbernya.

Penggandaan atau penerbitan sebagian atau seluruh Tugas Akhir ini harus memperoleh izin dari Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. Perpustakaan yang meminjamkan Tugas Akhir ini untuk anggotanya diharapkan untuk mengisi nama, tanda peminjaman dan tanggal pinjam.

UIN SUSKA RIAU



LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa di dalam Tugas Akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan oleh saya maupun orang lain untuk keperluan lain, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak memuat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali disebutkan dalam referensi dan di dalam daftar pustaka.

Saya bersedia menerima sanksi jika pernyataan ini tidak sesuai dengan yang sebenarnya.

Pekanbaru, 18 Februari 2021

Yang membuat pernyataan,

HARIANDI
11355104562

UIN SUSKA RIAU

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



LEMBAR PERSEMBAHAN



Allhamdulillah, Puji dan Syukur penulis ucapkan kepada Allâh *Subhânahu Wa 'Alâhi*, Dzat yang tidak serupa dengan makhluk-Nya dan tidak ada satu makhluk pun yang menyerupai-Nya. Shalawat dan Salam semoga senantiasa tercurah kepada penutup para nabi, yaitu Nabî Agung Muḥammad *Shallallâhu 'Alaihi Wasallam*, para keluarganya yang muslim, segenap sahabatnya serta para pengikutnya sampai hari kiamat kelak.

Karya ilmiah ini penulis persembahkan kepada:

Keluarga Penulis

Yaitu Ayahanda, Ibunda, Kakak, Abang dan lain-lain yang telah membantu baik langsung maupun tidak langsung penyelesaian studi dan penulisan Tugas Akhir ini sehingga penulis dapat menamatkan pendidikan di Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau ini tepat waktu.

Dosen Pembimbing dan Penguji Tugas Akhir

Terima kasih penulis ucapkan kepada dosen pembimbing yang telah membimbing penulisan Tugas Akhir ini sehingga penulis dapat menyelesaikannya tepat waktu. Kepada dosen penguji, penulis juga mengucapkan terima kasih telah memberikan kritik dan saran yang bersifat membangun untuk penulisan Tugas Akhir ini.

Seluruh Dosen Pengajar di Program Studi Teknik Elektro

Terima kasih juga penulis ucapkan kepada seluruh dosen pengajar di Program Studi Teknik Elektro Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau yang telah mendidik penulis dan mengajarkan kepada penulis ilmu-ilmu yang bermanfaat terkait teknik elektro.

**“Menuntut ilmu agama (yang pokok) hukumnya wajib
atas setiap muslim (laki-laki dan perempuan)”**

(H.R. al-Baihaqî)



PERANCANGAN PENGENDALI MRAC-PD UNTUK PENGENDALIAN KECEPATAN GERAK AKTUATOR HIDROLIK MESIN PRES PADA PROSES *DEEP DRAWING*

HARIANDI

NIM: 11355104562

Tanggal Sidang: 18 Februari 2021

Tanggal Wisuda:

Program Studi Teknik Elektro

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau

Jl. H.R. Soebrantas, km. 15, no. 155, Tuah Madani - Tampan - Pekanbaru

ABSTRAK

Hidrolik merupakan suatu alat atau komponen mesin yang digunakan untuk menggerakkan komponen mesin yang memerlukan daya besar. Sistem hidrolik merupakan sistem pemindah (*transmitif*) daya dan pengendalian (*control*) gerakan-gerakan dengan menggunakan fluida sebagai perantaranya. Kecepatan gerak aktuator perlu adanya pengendalian karena respon sistemnya juga lambat dengan *settling time* 2.2 detik. MRAC merupakan pengendali adaptif dimana performansi keluaran akan mengikuti performansi keluaran model referensinya. Hasil percobaan menunjukkan bahwa pada saat terjadi perubahan parameter pada plant, pengendali dapat memperbaiki respon agar tetap dapat mengikuti model referensinya dan dalam menekan gangguan metode adaptasi MRAC memiliki kemampuan yang baik dilihat dari waktu yang dibutuhkan yang relatif singkat. Pada uji simulasi MRAC memiliki kekurangan yaitu masih ada *overshot*. PD di tambah untuk menutupi kekurangan MRAC, pada pengendali *derivative* mempunyai keunggulan dalam meredam *overshot*. Berdasarkan hasil simulasi dengan pengendali MRAC-PD pada kecepatan aktuator hidrolik mampu mengatasi *settling time* dan ketika mengatasi gangguan. Terbukti dengan *settling time* 0,622detik dan ketika diberikan gangguan respon kembali dengan *settling time* 0,0048 detik.

Kata Kunci: Aktuator Hidrolik, *Deep Drawing*, MRAC-PD,



DESIGN CON TROLLER MRAC-PD FOR CONTROLLING SPEED OF HYDRAULIC ACTUATOR MOTION IN PRESSING MACHINE ON DEEP DRAWING PROCESS

HARIANDI
NIM: 11355104562

Examination Date: 18rd february 2021

Graduation Date:

*Department of Electrical Engineering
Faculty of Science and Technology
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
H.R. Soebrantas St. km. 15, no. 155, Tuah Madani - Tampan - Pekanbaru*

ABSTRACT

Hydraulic is a machine tool or component that is used to move other engine components that require large power. The hydraulic system is a system of transmitting power and controllong movements using fluid as an intermediary. The actuator's movement speed needs control because the system response is also slow with a settling time of 2,2 seconds. MRAC is a is an adaptive controller where the output performance will follow the reference model output performance. The experimental result show that when there is a parameter change the plant, the the controller can improve the response so that it can still follow the reference model and in suppressing interference the MRAC adaptation method has a good ability seen from the relatively short time needed. In the MRAC simulation test, there is still an overshoot. PD is added to cover the short comings of MRAC, the derivative controller has the advantage of redusing overshoot, based on the simulation result with the MRAC-PD controller the speed of the hydraulic actuator is able to overcome the settling time and when overcoming the disturbance. Evidence by a settling time of 0.622second and by settling time of 0,0048 second

Keywords: Hydraulic Actuator, Deep Drawing, MRAC-PD

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masa
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak cipta milik UIN Suska Riau

UIN SUSKA RIAU



KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr.Wb

Alhamdulillah, segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT, yang telah mencurahkan rahmat dan hidayah-Nya kepada penulis. Shalawat dan salam buat baginda Rasulullah SAW, sebagai seseorang sosok pemimpin dan suri tauladan bagi seluruh umat didunia yang patut di contoh dan diteladani bagi kita semua. Atas ridho Allah SWT penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul “ **Perancangan Pengendali MRAC-PD untuk Mengendalikan Kecepatan Aktuator Hidrolik pada Mesin Pres pada Proses *Deep Drawing***”.

Melalui proses bimbingan dan pengarahan yang disumbangkan oleh orang – orang yang berpengetahuan, dorongan, motivasi dan juga doa orang – orang yang ada disekeliling penulis sehingga penulisan Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan penuh kesederhanaan. Sudah menjadi ketentuan bagi tiap Mahasiswa yang ingin menyelesaikan studinya pada perguruan tinggi UIN SUSKA Riau harus membuat karya ilmiah berupa Tugas Akhir guna mencapai gelar sarjana.

Oleh sebab itu adalah sewajarnya penulis menyampaikan ucapan terima kasih sebesar – besarnya kepada :

1. Ayahanda, Ibunda, Kakak, Abang yang telah memberikan semangat, dukungan moril maupun materil dan doa kepada penulis serta keluarga besar penulis yang selalu mendoakan penulis.
2. Prof. Dr. Suyitno, M.Ag. selaku Plt Rektor UIN SUSKA Riau beserta kepada seluruh staf dan jajarannya.
3. Dr. Ahmad Darmawi, M.Ag selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN SUSKA Riau beserta kepada seluruh pembantu Dekan, Staf dan jajarannya.
4. Dr. Ewi Ismaredah, S.Kom., M.kom selaku ketua jurusan Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi UIN SUSKA Riau yang telah membuat proses administrasi menjadi lebih efektif sehingga penulis lebih mudah dalam melengkapi berkas – berkas untuk Tugas Akhir dan pengalaman – pengalaman luar biasa beliau yang penulis rasakan.



5. Rika Susanti, ST. M.Eng. Selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu serta perhatian dan pemikiran dengan ikhlas dalam membimbing dalam hal akademik.

Halim Mudia, ST., MT. Selaku dosen pembimbing yang telah banyak meluangkan waktu serta pemikirannya dengan ikhlas dalam memberikan penjelasan dan masukan yang sangat berguna sehingga penulis menjadi lebih mengerti dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Ahmad Faizal, ST., MT. dan Aulia Ullah, ST., M.Eng. selaku dosen penguji yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberikan kritikan dan saran yang sangat membangun terhadap penulis.

8. Bapak dan Ibu dosen jurusan Teknik Elektro yang telah memberikan bimbingan dan curahan ilmu kepada penulis sehingga bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini.
9. Kepada teman-teman baik didalam kampus maupun diluar kampus yang telah membantu dan memberi dukungan dan motivasi dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini
10. Kakanda dan Adinda Teknik Elektro yang telah memberikan dorongan kepada penulis.

Semoga bantuan yang telah diberikan baik moril maupun materil mendapat balasan pahala dari Allah SWT, dan harapan dari penulis semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis dan para pembaca semua pada umumnya.

Semua kekurangan hanya datang dari penulis dan kesempurnaan hanya milik Allah SWT, hal ini yang membuat penulis menyadari bahwa dalam pembuatan Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan karena keterbatasan kemampuan, pengalaman, dan pengetahuan penulis. Untuk itu penulis mengharap kritik dan saran dari semua pihak yang bersifat positif dan membangun demi kesempurnaan Tugas Akhir ini.

Pekanbaru, 18 Februari 2021

Penulis,

Hariandi



DAFTAR ISI

| | | |
|---|--|------|
| 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau. | DAFTAR PERSETUJUAN | ii |
| 2. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau. | DAFTAR PENGESAHAN | iii |
| | DAFTAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL | iv |
| | DAFTAR PERNYATAAN | v |
| | DAFTAR PERSEMBAHAN | vi |
| | ABSTRAK | vii |
| | ABSTRACT | viii |
| | KATA PENGANTAR | ix |
| | DAFTAR ISI | xi |
| | DAFTAR GAMBAR | xiii |
| | DAFTAR TABEL | xiv |
| | DAFTAR SIMBOL | xv |
| | DAFTAR SINGKATAN | xvi |
| | BAB I PENDAHULUAN | I-1 |
| | 1.1 Latar Belakang | I-1 |
| | 1.2 Rumusan Masalah | I-3 |
| | 1.3 Tujuan Penelitian | I-3 |
| | 1.4 Batasan Masalah | I-3 |
| | 1.5 Manfaat Penelitian | I-4 |
| | 1.6 Sistematika Penulisan | I-4 |
| | BAB II TINJAUAN PUSTAKA | II-1 |
| | 2.1 Penelitian Terkait | II-1 |
| | 2.2 Teori | II-2 |
| | 2.2.1 Pengertian Sistem Hidrolik | II-2 |
| | 2.2.2 Dasar-Dasar Hidrolik | II-3 |
| | 2.2.3 Silinder Hidrolik | II-4 |
| | 2.2.4 Valve Hidrolik | II-5 |
| | 2.2.5 Prinsip Kerja Hidrolik | II-5 |
| | 2.2.6 Deep Drawing | II-5 |
| | 2.3 Metode Sundaesan & Krishnaswamy | II-6 |



| | | |
|-------|---|-------|
| 2.4 | Aktuator Hidrolik..... | II-7 |
| | Identifikasi sistem | II-8 |
| | Model Reference Adaptive Control (MRAC) | II-10 |
| | MIT Rule..... | II-11 |
| | Pengendali PD..... | II-12 |
| | Metode Heuristik | II-13 |
| III | METODOLOGI PENELITIAN | III-1 |
| 3.1 | Flow chart | III-1 |
| 3.2 | Tahapan Penelitian..... | III-2 |
| 3.3 | Pemodelan Matematis Aktuator Hidrolik | III-3 |
| 3.4 | Validasi Model Matematis..... | III-5 |
| 3.5 | Perancangan Pengendali MRAC | III-5 |
| 3.6 | Perancangan MRAC-PD..... | III-8 |
| IV | HASIL DAN ANALISA..... | III-1 |
| 4.1 | Gambaran Umum penelitian | III-1 |
| 4.2 | Analisa Kecepatan Gerak Aktuator Hidrolik Secara <i>Open Loop</i> | IV-1 |
| 4.3 | Pengendali MRAC dan MRAC-PD | IV-4 |
| 4.3.1 | Pengendali MRAC..... | IV-5 |
| 4.3.2 | Pengendali MRAC-PD | IV-6 |
| 4.4 | Analisa Pengendali MRAC-PD | IV-8 |
| 4.5 | Analisa Pengendalian Kekokohan MRAC-PD dalam Mengatasi Gangguan pada Kecepatan Aktuator Hidrolik..... | IV-11 |
| 4.5.1 | Gangguan Berupa Perubahan Kecepatan pada Aktuator Hidrolik | IV-11 |
| V | KESIMPULAN DAN SARAN | V-1 |
| 5.1 | Kesimpulan | |
| 5.2 | Saran | |
| | DAFTAR PUSTAKA | |



DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| 1. Fluida dalam pipa menurut hukum pascal | 3 |
| 2. <i>Single Acting Cylinder</i> | 4 |
| 3. <i>Double Acting Cylinder</i> | 4 |
| 4. Proses drawing..... | 5 |
| 5. <i>Step Respon</i> dari Sistem dengan Waktu $t_{35,3}$ dan $t_{85,3}$ | 6 |
| 6. Diagram <i>solenoid valve</i> dan aktuator hidrolik..... | 7 |
| 7. Grafik Respon Kecepatan Gerak Aktuator Terhadap Waktu | 8 |
| 8. Sistem Orde Satu | 9 |
| 9. Blok diagram skema <i>Model Reference Adaptive Control</i> (MRAC)..... | 10 |
| 10. Skema MRAC dengan Metode <i>MIT Rule</i> Satu Gain..... | 12 |
| 1. <i>flow Chart</i> | 1 |
| 2. Mencari Nilai $t_{35,3}$ dan $t_{85,3}$ | 4 |
| 3. Blok <i>Simulink Open Loop</i> kecepatan gerak Aktuator Hidrolik | 5 |
| 4. Model Referensi..... | 6 |
| 5. Blok <i>Simulink</i> MRAC..... | 7 |
| 6. blok <i>Simulink</i> PD | 8 |
| 7. blok <i>Simulink</i> MRAC-PD | 8 |
| 1. Blok diagram <i>Open Loop</i> Kecepatan Gerak Aktuator Hidrolik | 1 |
| 2. Respon <i>Output Secara Open Loop</i> | 2 |
| 3. Blok Diagram kecepatan Aktuator Hidrolik Kendali MRAC | 5 |
| 4. Respon MRAC | 6 |
| 5. Blok Diagram Kecepatan Gerak Aktuator Hidrolik Pengendali MRAC-PD.7 | 7 |
| 6. Grafik Kecepatan Aktuator Hidrolik Dengan kendali MRAC-PD..... | 7 |
| 7. Blok Diagram MRAC-PD dengan Beban..... | 11 |
| 8. Respon ketika diberi gangguan pada detik ke 5 | 11 |



DAFTAR TABEL

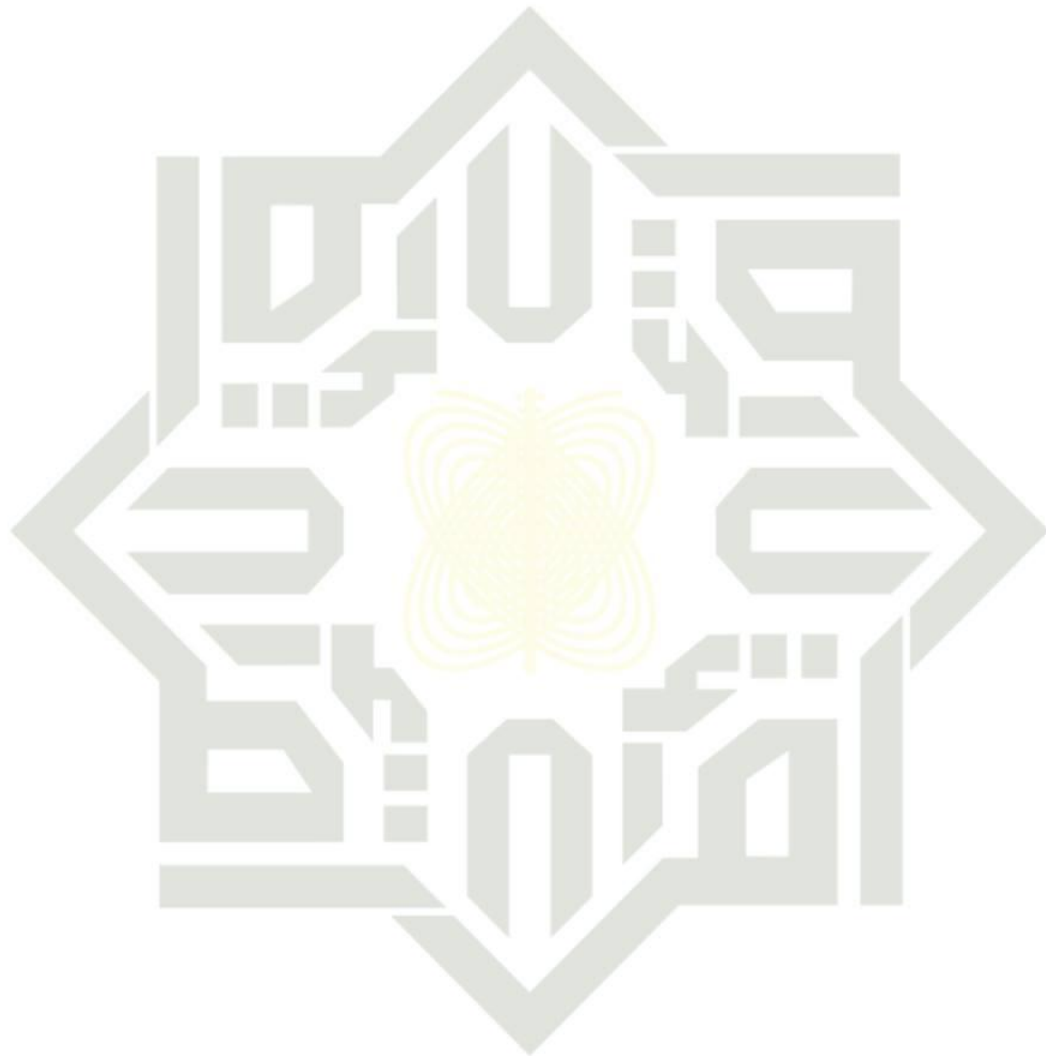
| | |
|--|-------|
| 1. Hubungan antara kendali P, dan D | II-12 |
| 2. Analisa Respon <i>Open Loop</i> | IV-4 |
| 3. Penalaan PD | IV-8 |
| 4. Analisa Respon <i>Open loop</i> dan MRAC-PD | IV-10 |

© Hak Cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masa
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



UIN SUSKA RIAU

DAFTAR SIMBOL

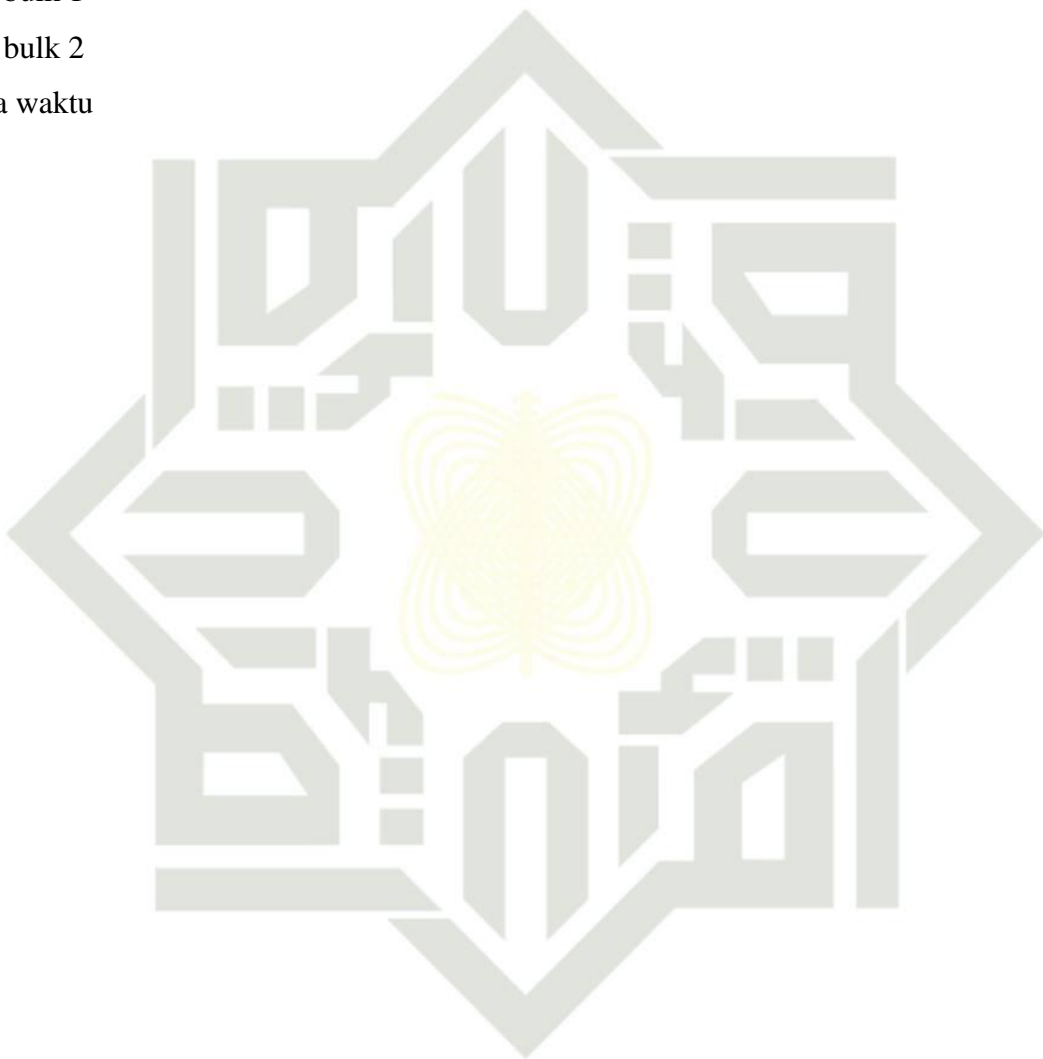
integral
lambda
phi
psi
modulus bulk 1
modulus bulk 2
konstanta waktu

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masa
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



UIN SUSKA RIAU



DAFTAR SINGKATAN

| | |
|---|---|
| = | <i>Proportional Derivative</i> |
| = | <i>Matrix Laboratory</i> |
| = | <i>settling time</i> |
| = | <i>rise time</i> |
| = | <i>delay time</i> |
| = | <i>error steady state</i> |
| = | <i>Model Reference Adaptive control</i> |
| = | Konstanta Waktu |

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masa
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



BAB I

PENDAHULUAN

1 Latar Belakang

Perkembangan di dunia industri dan transportasi sangat berkembang pesat. Perusahaan-perusahaan besar baik dibidang proses industry telah untuk menggunakan ilmu pengetahuan dan teknologi dalam mendukung proses operasional perusahaan. Teknologi pun digunakan untuk membantu pekerjaan selama proses produksi. Berbagai pekerjaan dan proses yang dilakukan di industri telah menggunakan berbagai macam teknologi dan alat – alat mekanik salah satunya adalah dibidang hidrolik

Hidrolik merupakan suatu alat atau komponen mesin yang digunakan untuk menggerakkan komponen mesin lain yang memerlukan daya besar. Seperti pada mesin perkakas (mesin *press*, mesin pembentukan logam), alat-alat berat (eksavator), *aerospace* (aktuator pesawat terbang), otomotif (pintu otomatis bus) dan lain-lainnya.[1]

Sistem hidrolik merupakan sistem pemindah (*transmitif*) daya dan pengendalian (*control*) gerakan-gerakan dengan menggunakan fluida sebagai perantaranya. Adapun fluida yang dimaksud adalah zat cair yang dalam hal ini adalah fluida hidrolik yang mempunyai sifat dasar tidak dapat dimampatkan (*incompressible*), mudah mengalir (*fluidity*), dan mempunyai sifat fisik kimiawi yang stabil.[2]

Cara kerja hidrolik adalah memasukan daya yang kecil untuk membangkitkan komponen dengan daya yang tinggi. Fluida statis sangat diperlukan untuk mesin penggerak yang memerlukan daya tinggi. Untuk mesin yang memerlukan keakuratan yang tinggi penting adanya pengendalian gerak hidrolik yang stabil. Sebab akan berdampak pada kualitas yang dihasilkan[1]

Aktuator hidrolik merupakan komponen yang mengubah tekanan fluida menjadi daya gerak. Untuk membangkitkan fluida bertekanan diperoleh dari pompa hidrolik. Tekanan fluida yang masuk ke aktuator diatur oleh *relief valve* dan kapasitas fluida diatur oleh *solenoid valve*. Aktuator hidrolik bergerak membawa beban massa torak, batang torak dan *punch*. Sedangkan saat proses pembentukan benda kerja aktuator harus memberikan *punch force* yang cukup agar hasil proses *deep drawing* tanpa mengalami cacat. Pada proses *deep drawing* dapat menghasilkan benda kerja dengan bentuk sederhana dan kompleks. Kualitas hasil proses *deep drawing* dipengaruhi oleh beberapa factor antara lain adalah *punch force*[3]. menurut P.CO Sharma *deep drawing* merupakan proses



pembentukan logam ke dalam bentuk tabung(silinder).[17] Terdapat dua parameter yang dapat dikendalikan pada aktuator hidrolik yaitu pengendalian tekanan dan pengendalian kecepatan. Pada penelitian ini penulis mengangkat topik pengendalian kecepatan pada aktuator hidrolik pengendalian kecepatan. Permasalahan yang terdapat pada penelitian tersebut yaitu *settling time* yang masih besar. Untuk mengatasi permasalahan kecepatan pada gerak aktuator hidrolik pada mesin pres maka dibutuhkan suatu sistem kendali agar kecepatan sesuai dengan yang diinginkan.

Sistem adalah terdiri dari beberapa komponen yang saling terhubung sehingga tercapa satu kesatuan. Sedangkan kendali adalah mengatur atau memberi komando. Jadi pengendalian dari sistem kendali adalah beberapa komponen yang saling terhubung dan dapat mengatur dan memberi komando.[4]

Penelitian yang berjudul “*Performance Comparison between PI and MRAC For Couple Tank*” hasil pada penelitian ini respon dari pengendali MRAC lebih baik dari pada PI, dari analisa respon *settling time* dan *overshot*.[5]

Berdasarkan penelitian[3] menyebutkan bahwa kecepatan gerak aktuator mempunyai performansi kurang baik yaitu *settling time* yang lama. Sehingga diperlukan pengendalian untuk mempercepat *settling time*. Penelitian ini dipilih pengendali MRAC sebagai pengendalinya karena di harapkan pengendali MRAC mampu mengatasi masalah kecepatan pada aktuator hidrolik sesuai dengan katakteristik dari pengendali MRAC yang mana keluaran sistem mengikuti performansi keluaran model referensi. Parameter kendali diatur melalui mekanisme pengendalian yang didasarkan pada *error* yang merupakan selisih antara keluaran sistem dengan keluaran model referensi.[8]

Penelitian selanjutnya berjudul “*design of attitude control system for UAV based on feedbeek linearization and adaptive control*” hasil pengendalian dibandingkan antara PID dan MRAC. Hasil dari membandingkan menunjukan bahwa MRAC memiliki respon yang baik dalam hal *settling time* dan *rise time*.[7]

Penelitian selanjutnya berjudul “Disain dan Implementasi Kontrol PID Model *Reference Adaptive Control* untuk *Automatic Safe Landing* Pada Pesawat UAV Quadcopter” Hasil percobaan mengindikasikan agar jika terjadi perubahan parameter pada plant, pengendali dapat mengoreksi respon supaya tetap bisa mengikuti model referensinya dan dalam mengatasi gangguan metode adaptasi MRAC mempunyai kemampuan yang baik dilihat dari waktu yang diperlukan relatif singkat.[9]

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Dari hasil pengujian secara simulasi, Pengendali MRAC dapat mempercepat respon output sistem namun masih memiliki kelemahan dibuktikan dengan adanya *osilasi* dan *overshoot*. Untuk itu, akan dirancang dan dikombinasikan pengendali MRAC dengan pengendali PD. Diharapkan dapat mengurangi *overshoot* dan *osilasi* dari respon keluaran sistem, agar dapat mencapai respon kestabilan yang diinginkan. Hal ini dibuktikan dalam penelitian yang sudah ada yang membahas tentang *hybrid* MRAC-PD.[6][10] Berdasarkan uraian diatas penulis tertarik mengambil penelitian yang berjudul “Perancangan Pengendali MRAC-PD Untuk Mengendalikan kecepatan gerak Pada aktuator hidrolik pada proses Deep drawing”.

2 Rumusan Masalah

Bagaimana merancang kendali MRAC-PD untuk pengendalian kecepatan gerak aktuator hidrolik pada mesin *press* untuk proses *deep drawing*, sehingga mampu memperbaiki *settling time* yang masih lambat

3 Tujuan Penelitian

Merancang kendali MRAC-PD untuk pengendalian kecepatan gerak aktuator hidrolik pada mesin *press* untuk proses *deep drawing* sehingga mampu mengikuti *setpoint* dengan *settling time* yang lebih cepat dan mampu mempertahankan kecepatan ketika ada gangguan

4 Batasan Masalah

Dengan berbagai permasalahan yang harus diselesaikan dalam penelitian ini, maka batasan-batasan masalah sebagai berikut:

1. Cara mencari pemodelan matematis dari sistem dengan mengidentifikasi output grafik dengan menggunakan metode Sundaresan & Krisnaswamy
2. Penakatan pengendalian PD menggunakan metode heuristik
3. Menggunakan *software* MATLAB dalam melakukan simulasi
4. Tidak ada pembahasan mendalam tentang *hardware*
5. Gangguan dimisalkan kecil dari 10% dari *setpoint*, 10 % dari dari *setpoint* adalah efek dari adanya gangguan



1.5 Manfaat Penelitian

1. Memberi gambaran bagaimana merancang MRAC-PD untuk hidrolik mesin pres pada proses *deep drawing*
2. Sebagai tambahan referensi dalam pemilihan pengendali yang terbaik dalam mengendalikan hidrolik
3. Sebagai acuan agar bisa diterapkan di dunia industri
4. Dapat dijadikan acuan untuk melanjutkan dan mengembangkan sistem kecepatan gerak hidrolik dengan menggunakan pengendali lainnya pada penelitian berikutnya

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dari proposal ini tugas akhir ini adalah

BAB I PENDAHULUAN

Menguraikan secara singkat tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, serta sistematika penulisan

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Menjelaskan penelitian terdahulu berhubungan dengan MRAC-PD. Teori tentang pengendali dan hidrolik

BAB III METODOLOGI

Tahapan tahapan yang dilakukan dalam penyelesaian tugas akhir

BAB IV ANALISA DAN HASIL

Analisa dari penelitian tersebut didapatkan hasil penelitian

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Berisi kesimpulan dan saran dari hasil penelitian tersebut

DAFTAR PUSTAKA

Berisi tentang referensi referensi, mulai dari buku, *e-book*, *e-journal*, tugas akhir terdahulu maupun halaman *website* yang dijadikan referensi dalam mengerjakan tugas akhir.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

1. Penelitian Terkait

Pada penelitian ini, dilakukan studi literatur dimulai mencari penelitian-penelitian terkait dengan permasalahan yang akan diangkat sebagai tugas akhir yang berjudul "Desain dan Implementasi Pengendali MRAC-PD untuk Pengendalian kecepatan Gerak Aktuator Hidrolik pada Mesin *Pres* untuk Proses *Deep Drawing*"

Penelitian yang dilakukan oleh Marsuki kabib dkk. Yang berjudul "Analisa Model dan Simulasi Gerak Aktuator hidrolik *punch* pada mesin pres untuk proses *deep drawing*" pada penelitian ini bertujuan untuk mensimulasikan gerak aktuator hidrolik pada proses pembentukan benda berbentuk *cup*. Metode yang digunakan adalah memodelkan bentuk fisik menjadi model matematik dan disimulasikan untuk mendapatkan respon dinamik. Hasil simulasi menyatakan bahwa gaya aktuator hidrolik pada saat bekerja dengan performansi yang kurang baik. *rise time* 0.5 detik, *settling time* 4 detik, dan *overshoot* 30%, sehingga diperlukan pengendali yang dapat menekan *settling time* dan *overshoot*, kecepatan gerak aktuator perlu adanya pengendalian karena respon sistemnya yang lambat dengan *settling time* 2.2 detik.[3] pada aktuator hidrolik terdapat dua parameter yang bisa dikendalikan yaitu tekanan dan kecepatan. Pada tugas akhir ini peneliti mengambil topik masalah kecepatan pada aktuator hidrolik. Agar dalam produksi dapat menghasilkan lebih banyak produk, maka ditambah pengendali agar mempercepat *settling time*.

Pada penelitian yang dilakukan oleh m.saad dkk, yang berjudul "*performance comparison between PI dan MRAC for couple-Tank system*" pada hasil penelitian ini perancangan pengendali PI dan MRAC memiliki waktu respon yang cepat, pengendalian MRAC memiliki respon waktu lebih baik daripada pengendali PI dalam hal *settling time* dan *overshoot*. Nilai *settling time* pada MRAC = 15,4 detik sedangkan PI = 51,4 dan MRAC tidak memiliki *Overshot* sedangkan PI memiliki *Overshot* = 17,55%[5]

Penelitian yang dilakukan oleh teddy sadewo dkk memakai pengendali MRAC dan PID dan pada penelitiannya yang berjudul "Desain dan Implementasi Kontrol PID Model Reference Adaptive Control untuk Automatic Safe Landing Pada Pesawat UAV Quadcopter". sistem pengendalian berbasis MRAC memiliki beberapa kelebihan untuk mengatasi karakteristik plant non-linear. MRAC merupakan pengendali adaptif dimana



performansi keluaran akan mengikuti performansi keluaran model referensinya. Hasil percobaan menunjukkan bahwa pada saat terjadi perubahan parameter pada plant, pengendali dapat memperbaiki respon agar tetap dapat mengikuti model referensinya dan dalam menekan gangguan metode adaptasi MRAC memiliki kemampuan yang baik dilihat dari waktu yang dibutuhkan yang relatif singkat.[9]

Penelitian mengenai pengendali *Hybrid* MRAC dan PD telah dilakukan pada CSTR pengendalian level, penelitian yang dilakukan oleh Syarifudin Jakfar menggunakan MRAC dan PD pada di sebutkan dalam pengendalian ini bahwa kelemahan MRAC adalah masih menghasilkan osilasi pada responnya, sehingga dibutuhkan pengendali PD untuk meredam osilasi. Hasil simulasi menyatakan plant yang memakai MRAC mempunyai *settling time* 15.58 detik dan *rise time* 1,64 detik. Ketika memakai MRAC-PD di dapat *settling time* 4.58 detik dan *rise time* 2.88 detik [10]

Penelitian lainnya mengenai pengendalian *Hybrid* MRAC-PD yang dikendalikan kelembapan dan *temperature* pada sistem pendingin jamur merang yang dilakukan oleh Halim mudia, berdasarkan hasil simulasi menggunakan MRAC-PD didapat hasil pengendalian kelembapan *error steady state* = RH 0%, *overshoot* = 0% dan *rise time* = 2,3829 detik dan untuk pengendalian suhu *error steady state* = 0C, *Overshoot* 0% dan *rise time* = 858.0282.[6]

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti-peneliti sebelumnya, penulis tertarik melakukan study tentang “Perancangan kendali MRAC-PD untuk pengendalian Kecepatan Hidrolik Mesin Pres pada Proses *Deep Drawing*”

2 Teori

2.2.1 Pengertian Sistem Hidrolik

Sistem hidrolik adalah sistem dengan menggunakan oli. Cara kerja sistem hidrolik adalah memanfaatkan sifat dari zat cair yang mempunyai bentuk yang tidak tetap, namun menyinkronkan dengan lingkungannya. Sistem hidrolik diterapkan untuk mendapatkan tenaga yang lebih besar dari tenaga awal. Fluida ditingkatkan tekanannya oleh pompa setelah itu dilanjutkan ke silinder yang dipengaruhi oleh tekanan fluida pada ruang silinder yang berfungsi sebagai gerak maju dan gerak mundur maupun naik turun, sesuai dengan cara pemasangan silinder



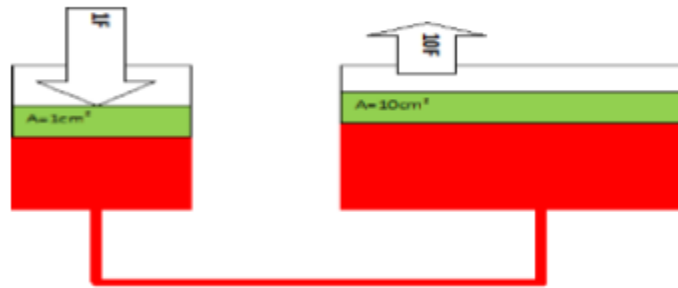
2.2.2 Dasar-Dasar Hidrolik

Hukum pascal adalah dasar dari sistem hidrolik, pada penjelasannya yaitu dalam fluida statis tertutup mempunyai beberapa lubang maka akan mengalir jumlah aliran yang sama begitu juga tekanan yang sama.

Fluida statis mempunyai sifat-sifat antara lain:

- 1. Bentuknya tidak tetap, selalu berubah dengan tempatnya
- 2. Tidak dapat dimampatkan
- 3. Menyalurkan tekanan sama rata dan ke semua arah

Gambar 2.1 menunjukkan dua buah silinder berisi cairan yang saling berhubungan dan memiliki diameter yang tidak sama. Apabila beban F ditempatkan di silinder kecil, tekanan P maka keluaran akan bergerak kesilinder besar ($P=F/A$.)



Gambar 2. 1 Fluida dalam pipa menurut hukum pascal[11]

Gambar diatas sesuai dengan hukum pascal, dapat diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$P = \frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \quad (2.1)$$

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \quad (2.2)$$

sehingga diperoleh

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \quad (2.3)$$

Dimana :

F_1 = Gaya masuk

F_2 = Gaya keluar

A_1 = Diameter piston kecil

A_2 = Diameter piston besar

Dari persamaan diatas luas penampang piston sangat mempengaruhi tekanan.

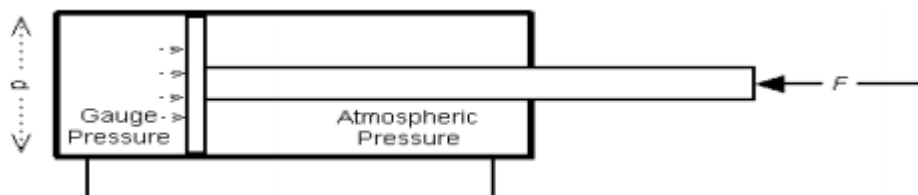
Gaya tekan fluida menggeser silinder maju/mundur maupun naik/turun. Tenaga yang dihasilkan hidrolik lebih besar dari tenaga yang dikeluarkan pompa. Luas penampang hidrolik sangat berpengaruh dengan tenaga yang didapat silinder hidrolik

2.3 Silinder Hidrolik

Silinder hidrolik adalah perangkat pasif yang mengubah tekanan fluida menjadi gerakan linear fungsinya membuat tekanan fluida mendesak piston, sehingga menjadi komponen satu-satunya yang ikut bergerak, dan gerak ini sebagian mesin melalui batang piston, silinder hidrolik terdiri dari dua jenis yaitu *single acting* dan *double acting*

1. Silinder Kerja Penggerak Tunggal. (*single acting*)

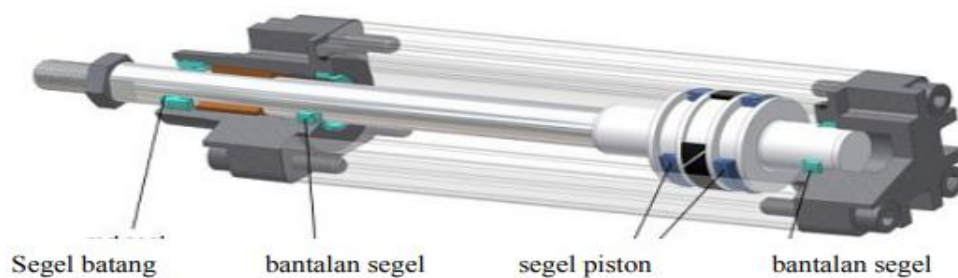
single acting pergerakan maju/naik dan juga biasa disebut *advance* menggunakan tekanan fluida, sedangkan pergerakan turun/keatas menggunakan pegas atau *spring* dan ada juga yang mengandalkan gaya gravitasi.



Gambar 2. 2 *Single Acting Cylinder* [11]

2. *double acting*

baik pergerakan maju maupun mundur sama-sama menggunakan tekanan fluida.



Gambar 2. 3 *Double Acting Cylinder* [11]



2.2.4 Valve Hidrolik

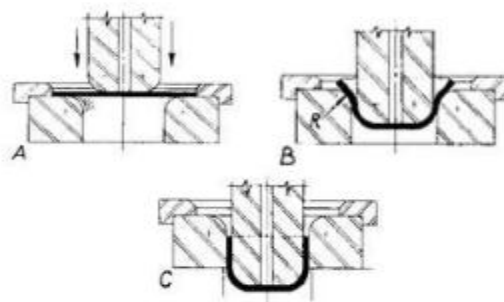
Valve atau katup hidrolik secara umum berfungsi untuk membuka dan menutup aliran fluida yang dihasilkan oleh pompa ke silinder hidrolik.

2.2.5 Prinsip Kerja Hidrolik

Aliran fluida yang dihasilkan oleh pompa hidrolik kemudian diteruskan ke silinder hidrolik melalui selang hidrolik. *Valve* berfungsi secara spesifik yaitu membuka aliran fluida dari pompa ke silinder sampai batas tertentu kemudian mengunci fluida agar tetap di dalam silinder dan menahan beban. Kemudian pada saat pekerjaan sudah selesai, *valve* membuka jalan agar fluida kembali ke tangki.

2.2.6 Deep Drawing

Adalah suatu proses pembentukan logam berbentuk silinder dan mempunyai kedalaman tertentu. Proses deep drawing adalah berupa penarikan dan pembuatan bentuk berupa silinder. Proses drawing dilakukan dengan menekan material benda kerja yang berupa lembaran logam (*blank*) terjadi peregangannya sehingga terbentuk *dies*. Bentuk akhir ditentukan oleh *punch* menekan dan die sebagai penahannya pada saat ditekan oleh *punch*.



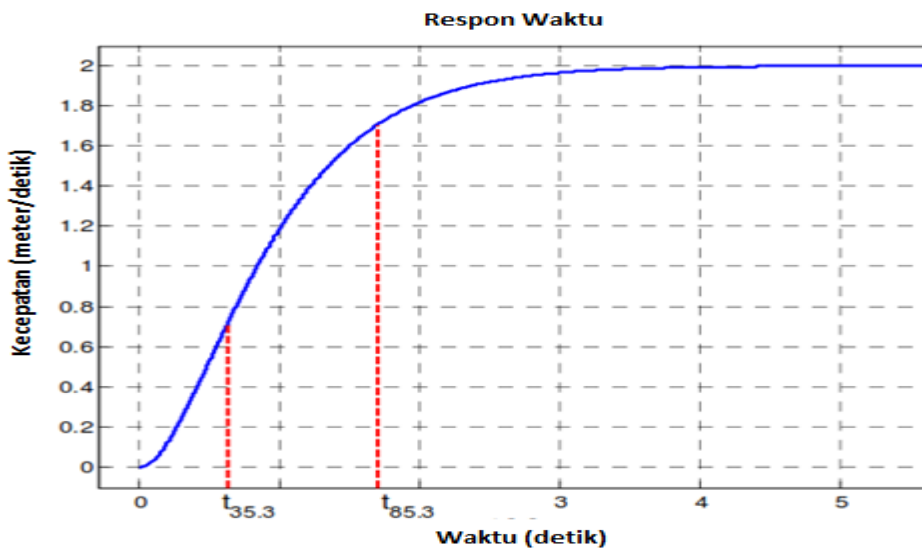
Gambar 2. 4 Proses drawing[17]



2.3 Metode Sundaesan & Krishnaswamy

Pada penelitian khabib dkk[12] respon *output* dari kecepatan aktuator hidrolik berupa grafik. Pada penelitian ini menjabarkan *output* berupa grafik menjadi *transfer function* dengan menggunakan metode Sundaesan & Krishnaswamy.

Pada metode Sundaesan & Krishnaswamy, persamaan matematika sistem didapat dari respon grafik sistem yaitu pada saat respon mencapai 35,3% dan 85,3%.



Gambar 2. 5 Step Respon dari Sistem dengan Waktu $t_{35,3}$ dan $t_{85,3}$ [12]

Persamaan *plant* sistem metode sundaesan & krishnaswamy adalah sebagai berikut :

$$G_{SK}(s) = \frac{K}{(\tau_{SK} s + 1)} e^{T_{dsk} s} \quad (2.4)$$

$$K = \frac{Y_{SS}}{X_{SS}} \quad (2.5)$$

Y_{SS} adalah keluaran respon sistem *plant* dalam keadaan *steady state*, sedangkan X_{SS} adalah *setpoint*.

Dimana T_{dsk} adalah waktu tunda :

$$T_{dsk} = 1,3t_{35,3} - 0,29t_{85,3} \quad (2.6)$$

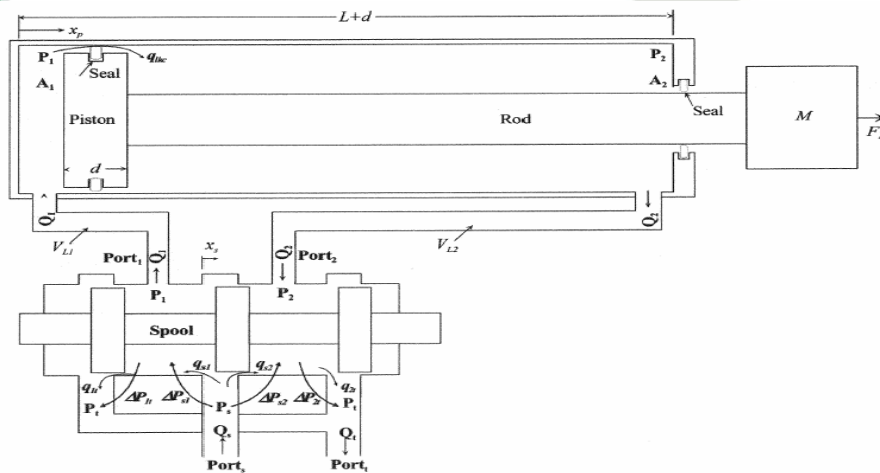
Dimana τ_{SK} merupakan waktu konstan :

$$\tau_{SK} = 0,67 (t_{85,3} - t_{35,3}) \quad (2.7)$$

Dimana $t_{35,3}$ dan $t_{85,3}$ adalah waktu, nilai waktu yang dibutuhkan saat respon sistem mencapai 35,3% dan 85,3%

4.1.3.1. Aktuator Hidrolik

Gerak aktuator di tentukan oleh besarnya kapasitas dan tekanan fluida yang masuk. Besarnya kapasitas fluida akan mempengaruhi kecepatan dan langkah aktuator. Sedangkan besarnya tekanan fluida akan mempengaruhi besarnya gaya dihasilkan aktuator. Besarnya aliran fluida yang malalui *valve* masuk ke aktuator ditunjukkan pada gambar 2.3

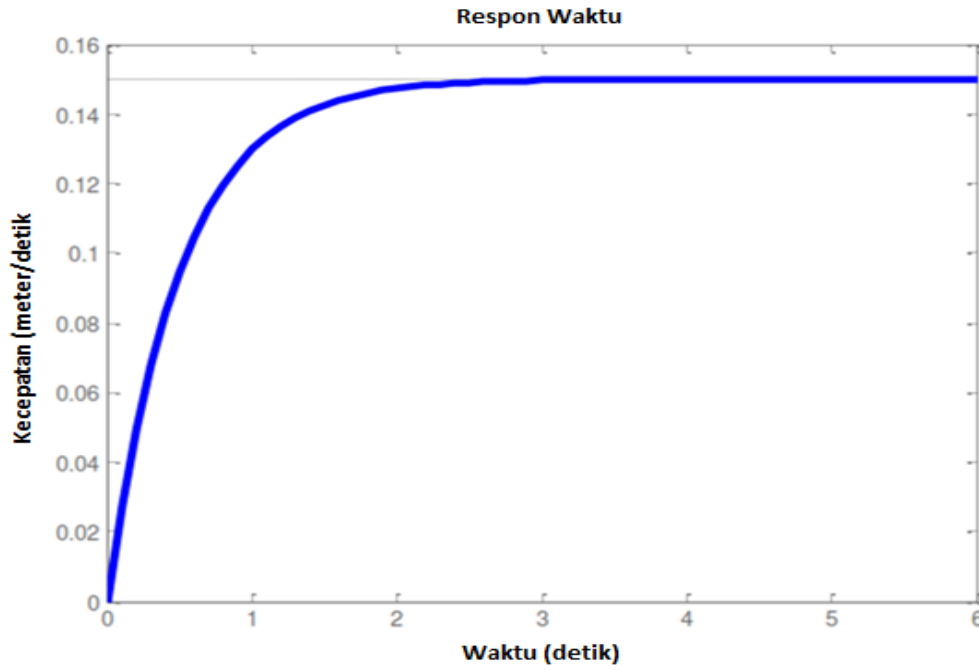


Gambar 2. 6 Diagram *solenoid valve* dan aktuator hidrolik[3]

Pada gambar 2.6 Menunjukkan bahwa besarnya kapasitasn fluida Q_1 yang masuk ke aktuator sebagian akan masuk kesisi kanan torak sebesar q_{ikc} . Dimana Q_1 adalah kapasitas fluida yang masuk ke aktuator, q_{ikc} adalah kapasitas fluida yang masuk kesisi kanan torak, P_1 adalah tekanan pada sisi masuk, P_2 adalah tekanan pada sisi keluar, A_1 adalah luas permukaan torak, V_p adalah kecepatan torak, V_{L1} adalah volume fluida pada sisi masuk, x_p adalah panjang langkah torak dan β_{e1} adalah modulus bulk. Dimana Q_2 adalah kapasitas fluida yang keluar dari aktuator, q_{ikc} adalah kapasitas fluida yang masuk ke sisi kanan torak, P_1 adalah tekanan pada sisi masuk, P_2 adalah tekanan pada sisi keluar, A_2 adalah luas permukaan torak sisi kanan, V_p adalah kecepatan torak, V_{L2} adalah volume fluida pada sisi keluar, x_p adalah panjang langkah torak, L adalah panjang silinder dan β_{e1} adalah modulus bulk.. Penelitian ini bertujuan untuk mensimulasikan gerak aktuator hidrolik pada proses pembentukan benda kerja berbentuk cup dengan material kuningan.



Pada valve besarnya kapasitasnya fluida yang mengalir dipengaruhi oleh bukaan valve dan perbedaan tekanan, berikut output grafik kecepatan gerak aktuator hidrolik terhadap waktu



Gambar 2. 7 Grafik Respon Kecepatan Gerak Aktuator Terhadap Waktu[3]

Pada penelitian sebelumnya [3] hasil keluaran hanya berupa grafik dan tidak menyajikan *transfer function*. Pada penelitian ini bagaimana mencari nilai dari *transfer function* dari suatu grafik dengan menggunakan metode Sandaresan dan Khishnaswamy.

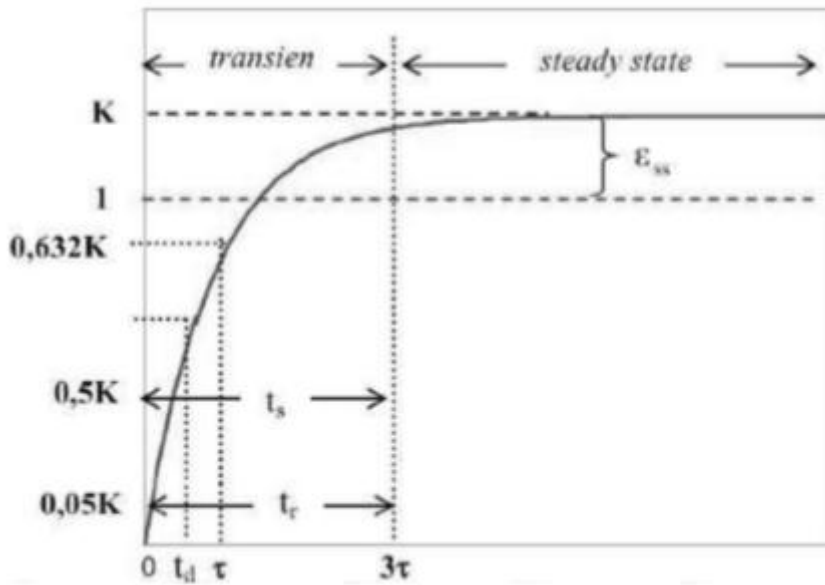
5 Identifikasi sistem

Mengidentifikasi sistem berdasarkan pengamatan grafik terhadap masukan step. Dimana sinyal diberikan kepada sistem untuk mengetahui respon sistem *open loop*. Dari respon sistem, dapat diketahui karakteristik-karakteristik penting sistem. Sistem yang digunakan pada pengaturan kecepatan aktuator hidrolik merupakan sistem orde 1 yang ditunjukkan pada gambar 2.8



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengutip sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masa
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 2. 8 Sistem Orde Satu[13]

Respon transien terdiri dari:

a) Spesifikasi teoritis:

Konstanta waktu (τ), adalah waktu yang dibutuhkan respon mulai dari $t=0$ sampai dengan respon mencapai 63,2% dari respon *steady state*. Konstanta waktu menyatakan kecepatan respon sistem. Konstanta waktu yang lebih kecil akan mempercepat respon[9]

b) Spesifikasi praktis:

1. Waktu tunak atau *settling time* (t_s), adalah ukuran waktu yang menyatakan bahwa respon sistem telah masuk pada daerah stabil. Jika dihubungkan dengan konstanta waktu τ , maka t_s dapat diformulasikan sebagai berikut:

$$t_s (\pm 5\%) = 3\tau \quad (2.8)$$

2. Waktu naik atau *rise time* (t_r), adalah ukuran yang menyatakan bahwa respon sistem telah naik dari nilai respon pada keadaan tunak (*steady state*). Jika dihubungkan dengan konstanta waktu τ , maka t_r dapat diformulasikan sebagai berikut:

$$t_r (10\% - 90\%) \text{ output steady state} \quad (2.9)$$

3. Waktu tunda atau *delay time* (t_d), adalah waktu yang dibutuhkan respon mulai $t=0$ sampai respon mencapai 50% dari nilainya pada keadaan tunak (*steady state*). Waktu tunda menyatakan besarnya faktor keterlambatan respon akibat proses



sampling. Jika dihubungkan dengan konstanta waktu τ , maka t_d dapat diformulasikan sebagai berikut:

$$t_d = 0,5 \times \text{set output steady state} \quad (2.10)$$

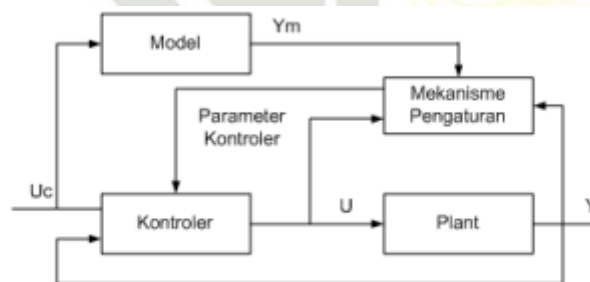
Karakteristik respon keadaan tunak (*steady state*) sistem orde pertama diukur berdasarkan kesalahan pada keadaan tunak atau *error steady state* (ess).

$$\text{ess} = R_{ss} - C_{ss} \quad (2.11)$$

dimana C_{ss} dan R_{ss} masing-masing adalah keluaran dan masukan sistem pada keadaan tunak

2.6 Model Reference Adaptive Control (MRAC)

Sistem kontrol adaptif adalah sistem kontrol dimana parameter-parameternya dapat diatur dan juga memiliki mekanisme untuk mengatur parameter-parameter tersebut. *Model Reference Adaptive Control* (MRAC) merupakan salah satu skema kendali adaptif dimana performansi keluaran sistem (proses) mengikuti performansi keluaran model referensinya. Parameter-parameter kontroler diatur melalui mekanisme pengaturan yang didasarkan pada error yang merupakan selisih antara keluaran proses dengan keluaran model referensi. Blok diagram skema *Model Reference Adaptive Control* (MRAC) ditunjukkan pada Gambar 2.9



Gambar 2. 9 Blok diagram skema *Model Reference Adaptive Control* (MRAC)[14]

Skema sistem MRAC memiliki dua *loop* yaitu *loop* pertama (*inner loop*) *loop* umpan balik antara proses dan pengendali sedang *loop* yang kedua (*outer loop*) adalah *loop* yang mengubah parameter parameter pengendali berdasarkan sinyal *error* $e = y - y_m$. Pengaturan dilakukan dengan meminimalkan sinyal *error*, sehingga keluaran sistem (y) sesuai dengan keluaran model referensinya (y_m). Mekanisme pengaturan terhadap



parameter-parameter pada *Model Referensi Adaptive Control*(MRAC) dapat dilakukan dengan beberapa metode diantaranya yaitu Teori *Lyapunov* dan metode *Rule*.

MIT Rule

MIT Rule pada sistem *loop* tertutup yang mana pengendalinya memiliki sebuah parameter yang dapat diatur berupa θ . Respon sistem *loop* tertutup ditentukan oleh model keluarannya dinotasikan y_m , *output* proses dinotasikan sebagai e . pengaturan parameter dilakukan dengan meminimalkan fungsi kerugian (*the loss function, J(θ)*):[8]

$$J(\theta) = \frac{1}{2} e^2 \quad (2.12)$$

Untuk melakukan perubahan parameter pada gradient negative dari J .

$$\frac{dJ}{d\theta} = -\gamma e = -\gamma e \frac{\partial e}{\partial \theta} \quad (2.13)$$

Ini dinamakan dengan aturan MIT (*MIT Rule*). Turunan parsial $\frac{\partial e}{\partial \theta}$ disebut sebagai turunan kepekaan (*sensitivity derivative*) sistem yang menunjukkan bagaimana *error* dipengaruhi oleh parameter yang dapat diatur (*adjustable parameter*). Jika diasumsikan parameter berubah lebih lambat dari variable lain dari sistem $\frac{\partial e}{\partial \theta}$ dapat diasumsikan konstan.[8]

Untuk penggunaan satu gain nilai *error* didefinisikan sebagai berikut :

$$e = y - y_m = kGU - k_0GU_c = kG\theta U_c - k_0GU_c \quad (2.14)$$

Dengan menurunkan *error* terhadap θ , maka didapatkan

$$\frac{\partial e}{\partial \theta} = k * \frac{y_m}{k_0} = \frac{k}{k_0} y_m \quad (2.15)$$

Terakhir *MIT Rule* diterapkann untuk *update* parameter θ sebagai berikut

$$\frac{d\theta}{dt} = -\gamma e \frac{\partial e}{\partial \theta} = -\gamma e \frac{k}{k_0} y_m = -\gamma' y_m e \quad (2.16)$$

$$\theta = \int (-\gamma' y_m e) dt \quad (2.17)$$

Dengan γ' adalah $\gamma \frac{k}{k_0}$, sehingga perancangan sistem akhirnya menjadi seperti pada gambar berikut.



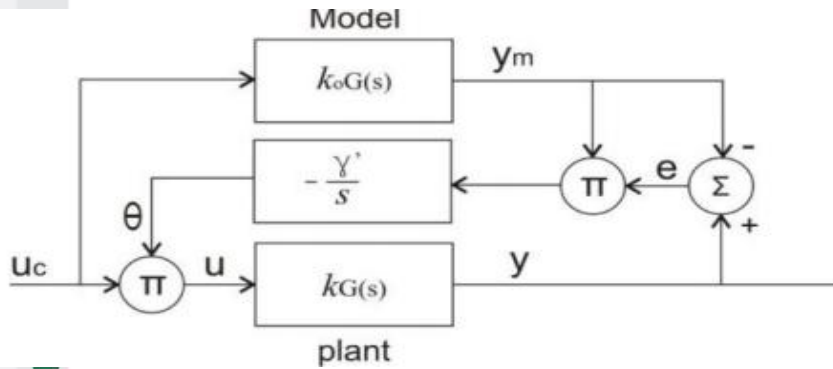
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengutip sumber.

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 2. 10 Skema MRAC dengan Metode *MIT Rule* Satu Gain[14]

Pengendali PD

PD (*proportional Derivatif*) merupakan pengendali untuk menentukan presisi suatu sistem instrumentasi dengan karakteristik adanya umpan balik pada sistem tersebut. Komponen pengendali PID terdiri dari tiga jenis yaitu: *proportional* dan *Derivatif*. Keduanya dapat dipakai bersamaan maupun sendiri-sendiri tergantung yang diinginkan terhadap suatu plant.[15]

Bentuk umum dari pengendali PD adalah sebagai berikut:

$$u(t) = K_p e(t) + K_d \frac{de}{dt} \quad (2.18)$$

Dimana :

K_p = *Proportional Gain*

K_d = *Derivative Gain*

Kendali *proportional* (P) dapat digunakan untuk mempercepat respon sistem dan kendali *derivative* (D) dapat difungsikan untuk menghilangkan *overshoot*. Sehingga kombinasi akan menghasilkan respon yang baik. Hubungan dari pengendali tersebut dapat dilihat pada tabel 2.1 berikut:

Tabel 2. 1 Hubungan antara kendali P, dan D [13]

| Respon | Waktu naik | <i>Overshoot</i> | Waktu turun | Kesalahan keadaan tunak |
|--------|-----------------|------------------|-----------------|-------------------------|
| K_p | Menurun | Meningkat | Perubahan kecil | Menurun |
| K_d | Perubahan kecil | Menurun | Menurun | Perubahan kecil |



2.9

Metode Heuristik

Metode Heuristik adalah metode yang mengkombinasikan pengendali sehingga mendapatkan respon yang diinginkan. Menentukan parameter PD dengan cara mencari nilai dari parameter K_p dan K_d dengan mentuning atau penalaan. Proses pemasukan nilai parameter PD yang dilakukan memiliki beberapa urutan sebagai berikut:

Penalaan parameter pengendali dimulai dengan hanya menggunakan pengendali P, kemudian ditambah D

memberikan nilai disesuaikan dengan karakteristik respon yang diperoleh[16]

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

© Hal Cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim

1. Dilarang menyalin atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masa
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

UIN SUSKA RIAU

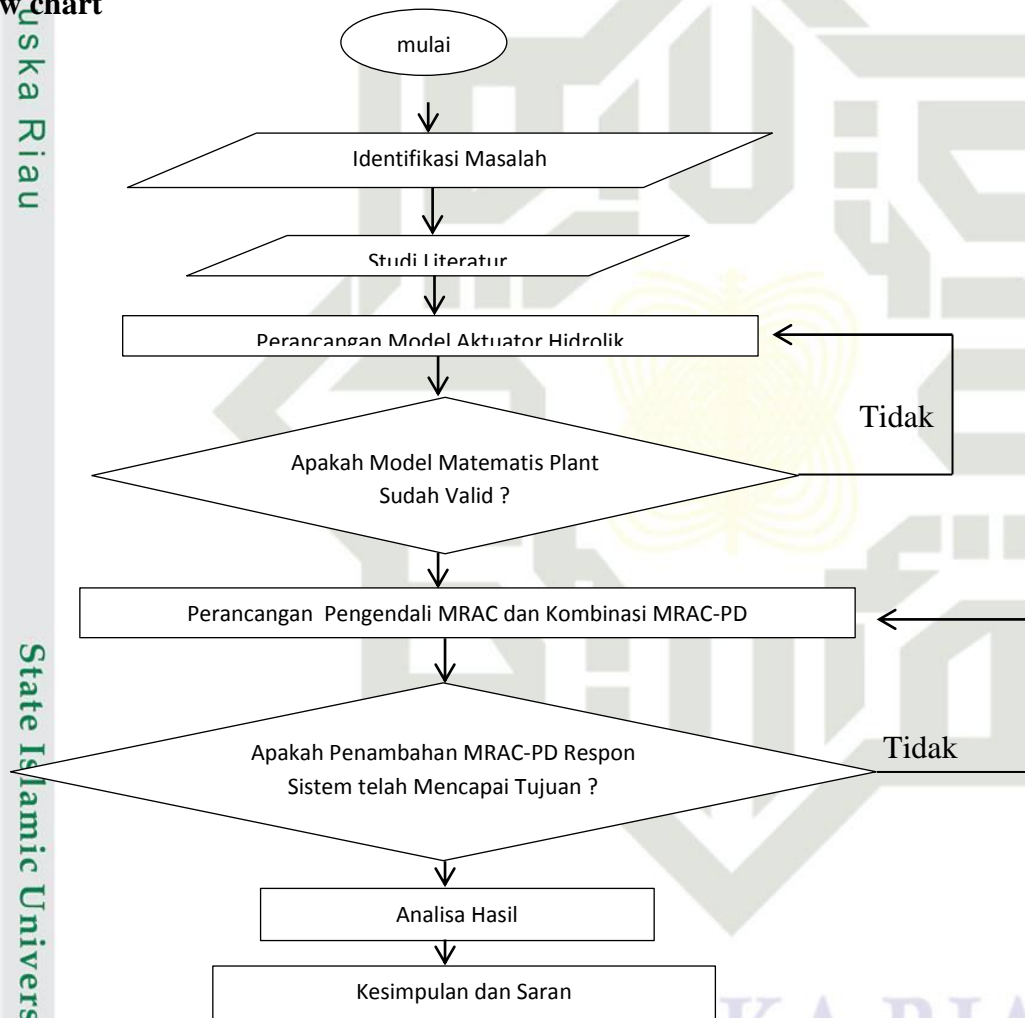


BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

pada BAB ini akan menjabarkan tentang tahapan penelitian. Alur penelitian dimulai dengan mencari jurnal dengan studi literatur, pengumpulan data sebelum desain, desain dengan cara pendekatan matematis menurut jurnal Jakobek menggunakan metode anandaresan & Krisnaswamy ke bentuk fungsi alih dari aktuator hidrolik, validasi model matematis. Merancang pengendali MRAC. dan mengkombinasikan MRAC dengan PD, menganalisa hasil rancangan pengendali dan kesimpulan berdasarkan hasil penelitian.

1 flow chart



Gambar 3. 1 flow Chart



3.2 Tahapan Penelitian

Pada penelitian ini terdapat beberapa tahapan yang akan penulis lakukan dalam proses perancangan pengendali menggunakan MRAC dan PD. Perancangan pengendali MRAC PD diharapkan dapat mengatasi masalah kecepatan pada aktuator hidrolik yang menggunakan simulasi matlab. Adapun tahap perancangan ini dapat dilihat pada gambar 3.1 sebagai berikut :

Identifikasi masalah

Adapun masalah yang diangkat pada penelitian ini adalah aktuator hidrolik yang pada penelitian[3] *settling time* masih lama, maka dibutuhkan pengendali agar hasil dari respon yang lebih cepat. MRAC merupakan salah satu pengendali adaptif yang mampu menghasilkan respon yang dapat mengikuti model referensinya. Model referensi merupakan model acuan yang karakteristiknya akan diikuti oleh respon plant. Respon yang diinginkan digambarkan dalam model referensi. Namun, respon yang diinginkan menggunakan pengendali MRAC masih menghasilkan osilasi pada responnya, sedangkan pengendali konvensional *proportional derivatif*(PD) dapat meredam *osilasi* dan memperkecil *overshoot*.

Dari penjelasan di atas, rumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana mendapatkan respon waktu yang cepat dalam mengendalikan kecepatan aktuator hidrolik dengan menggunakan pengendali MRAC-PD

Batasan masalah pada penelitian ini adalah pemodelan plant aktuator hidrolik menggunakan respon grafik sistem yaitu dengan metode sandaresan, variabel yang dikendalikan pada penelitian ini adalah kecepatan gerak aktuator, penalaan nilai PD menggunakan metode heuristik dan simulasi menggunakan matlab.

Studi Literatur

Melakukan beberapa pustaka terkait baik artikel penelitian ini berasal dari buku, skripsi, jurnal ilmiah nasional dan internasional yang diterbitkan mengenai aktuator hidrolik, metode kendali pada aktuator hidrolik, pengaturan kecepatan gerak pada aktuator hidrolik, pengendali MRAC dan PD

3. Pengumpulan Data

Mengumpulkan data sebelum membuat perancangan. Data yang diperlukan untuk penelitian ini adalah mencari nilai *transfer function* dengan metode sandaresan.



4. Pengujian pemodelan matematis pada aktuator hidrolik

Setelah mencari nilai dalam bentuk *transfer function* dengan metode sandaresan. Pemodelan kemudian diuji coba menggunakan *Simulink* matlab. Dimana hasil dari pemodelan setidaknya mendekati nilai dari literatur rujukan.

Desain pengendali MRAC

Setelah mendapatkan nilai *open loop* aktuator hidrolik selanjutnya diberi pengendali MRAC.

Desain kendali MRAC-PD

Untuk menutupi kelemahan MRAC maka diperlukan pengendali PD agar mendapat hasil *settling time* yang diinginkan.

Melakukan simulasi

Pengendali yang telah didesain di matlab kemudian di simulasikan dan hasil dari simulasi di analisa. Apabila hasil dari simulasi menghasilkan respon output yang diinginkan maka akan dilanjutkan dengan menganalisa sistem. Dan apabila respon output tidak sesuai dengan diinginkan maka dilakukan desain pengendali ulang sampai mendapat respon yang diinginkan

Analisa sistem desain kendali

Pada tahap ini melakukan analisa terhadap hasil sistem. Analisa terhadap respon time nya sehingga dapat disimpulkan bahwa sistem telah mencapai tujuan dari penelitian dan masalah dari penelitian telah teratasi

3. Pemodelan Matematis Aktuator Hidrolik

Menentukan model matematis dari grafik kecepatan dan waktu di atas

Menggunakan metode Sundaresan dan Krishnaswamy dengan cara sebagai berikut:[12]

Tentukan $t_{35,3}$ dan $t_{85,3}$

$t_{35,3}$ adalah waktu yang diperlukan untuk mencapai kecepatan 35,3 % dari *steady state*

$t_{85,3}$ adalah waktu yang diperlukan untuk mencapai kecepatan 85,3% dari *steady state*

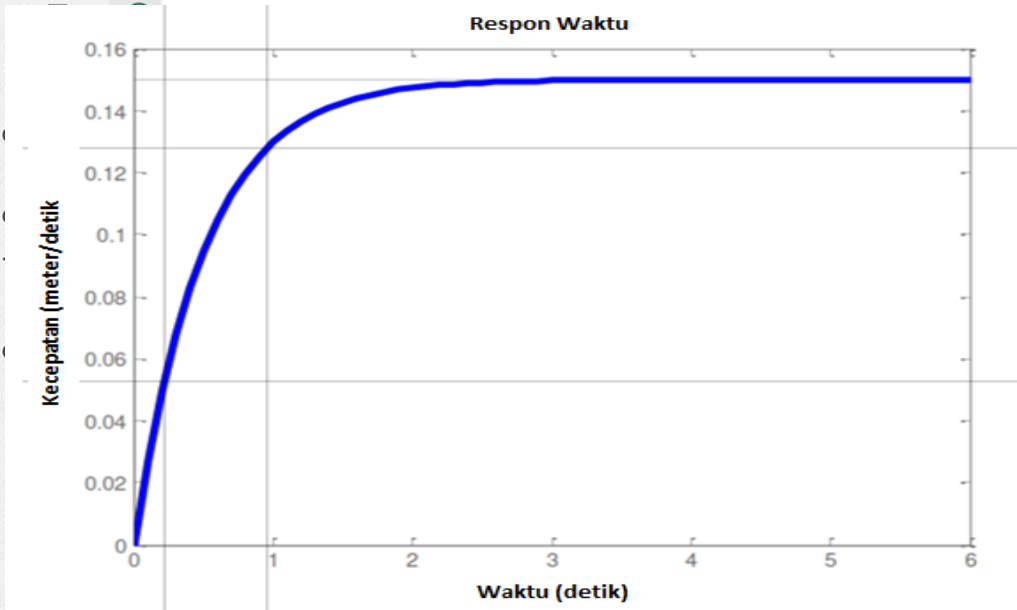
Tentukan terlebih dahulu 35,5% dan 85,3% dari *steady state*

$$0,15 \times 35,5\% = 0,053 \text{ meter/detik}$$

$$0,15 \times 85,3\% = 0,128 \text{ meter/detik}$$



Lihat gambar di bawah ini



Gambar 3. 2 Mencari Nilai $t_{35,3}$ dan $t_{85,3}$

Setelah melihat grafik di atas, maka dapat ditentukan bahwa:

$$t_{35,3} = 0,217 \text{ detik}$$

$$t_{85,3} = 0,954 \text{ detik}$$

Dengan menggunakan metode Sundaresan dan Krishnaswamy dapat ditentukan persamaan

2.4 dari grafik di atas sebagai berikut:

$$T_{SK}(s) = \frac{1}{\tau_{SK}s + 1} e^{-T_{dSK}s}$$

Dimana mencari nilai T_{dSK} didapat dari persamaan 2.6

$$\begin{aligned} T_{dSK} &= 1,3t_{35,3} - 0,29t_{85,3} \\ &= 1,3 \times 0,217 - (0,29 \times 0,954) \\ &= 0,2821 - 0,2766 \\ &= 0,0055 \end{aligned}$$

Dan nilai τ_{SK} dari persamaan 2.7

$$\begin{aligned} \tau_{SK} &= 0,67(t_{85,3} - t_{35,3}) \\ &= 0,67(0,954 - 0,217) \\ &= 0,67 \times 0,737 \\ &= 0,494 \end{aligned}$$

2. a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masa
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

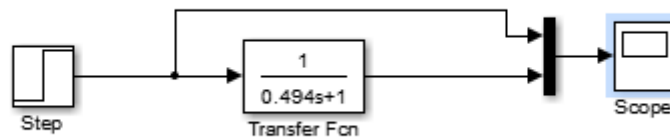


Substitusikan persamaan (2.6) dan (2.7) ke persamaan (2.4) sehingga hasilnya sebagai

$$G_{SK}(s) = \frac{1}{0,494s + 1}$$

4 Validasi Model Matematis

Untuk melakukan validasi sistem maka dilakukan simulasi model matematis pada menggunakan blok *simulink* dan melihat grafik yang dihasilkan pada gambar 3.3



Gambar 3. 3 Blok *Simulink Open Loop* kecepatan gerak Aktuator Hidrolik

5 Perancangan Pengendali MRAC

Pengaturan dilakukan dengan meminimalkan sinyal *error*, sehingga keluaran sistem (y) sesuai dengan keluaran model referensinya (y_m). Mekanisme pengeturan terhadap parameter-parameter pada *Model Referensi Adaptive Control* (MRAC) dapat dilakukan dengan metode *MIT Rule*. *MIT Rule* pada sistem *loop* tertutup yang mana pengendalinya memiliki sebuah parameter yang dapat diatur berupa θ . Respon sistem *loop* tertutup ditentukan oleh model yang keluarannya dinotasikan y_m , *output* proses dinotasikan sebagai e . [5]

Model referensi yang digunakan adalah

$$y_m = \frac{K}{\tau s + 1}$$

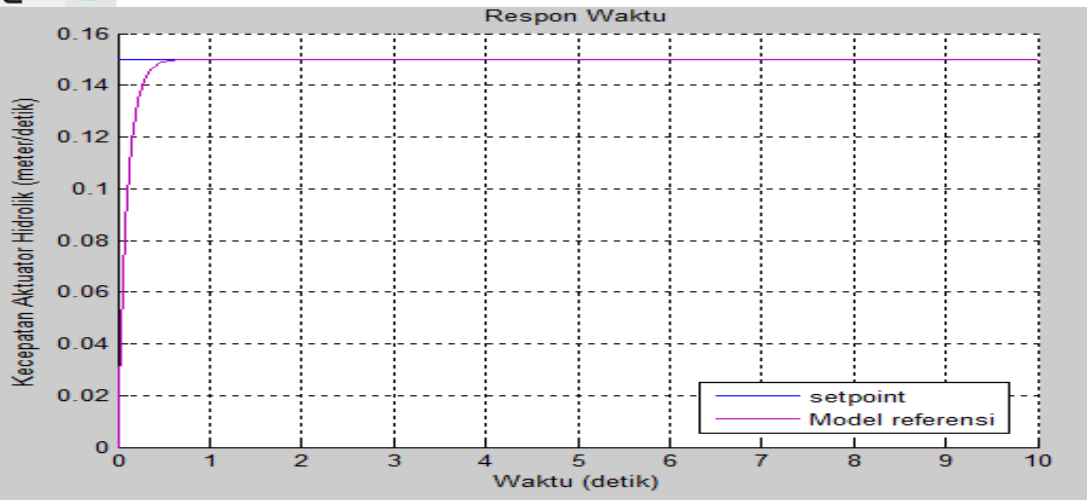
Perancangan model referensi untuk aktuator hidrolik dengan nilai $K = 1$ dan $\tau = 0.1$ agar memperoleh respon model referensi yang diinginkan. K bernilai 1 agar respon *Output*



pada model referensi berada pada *setpoint* dan nilai τ bernilai 0,1 agar respon model referensi berada kurang dari 1 detik sehingga model referensi plant menjadi :

$$y_m = \frac{1}{0.1s + 1}$$

grafik dari model referensi adalah sebagai berikut:



Gambar 3. 4 Model Referensi

selanjutnya adalah merancang pengendali MRAC dengan satu γ pada aktuator hidrolik. Adapun penjabarannya sebagai berikut :

$$y_m = \theta u_c$$

$$y_m = \frac{K}{\tau s + 1} u_c = \frac{1}{0.1s + 1} u_c = \frac{u_c}{0.1s + 1}$$

$$y_m = \frac{1}{0.494s + 1} u = \frac{1u}{0.494s + 1} = \frac{1\theta u_c}{0.494s + 1}$$

selanjutnya, pencocoka fungsi transfer bertujuan agar plant berperilaku seperti model referensi untuk setiap sinyal input

$$y_m = y$$

$$\frac{u_c}{0.1s + 1} = \frac{\theta u_c}{0.494s + 1}$$

$$u_c(0.494s + 1) = 0.1s\theta u_c - \theta u_c$$

$$u_c(0.494s + 1) = u_c(0.1s\theta - \theta)$$



$$0.494s + 1 = \theta(0.1s - 1)$$

$$\frac{0.494s + 1}{0.1s + 1}$$

error didefinisikan sebagai berikut :

$$y_m - y$$

$$\frac{u_c}{0.1s+1} - \frac{\theta u_c}{0.494s+1}$$

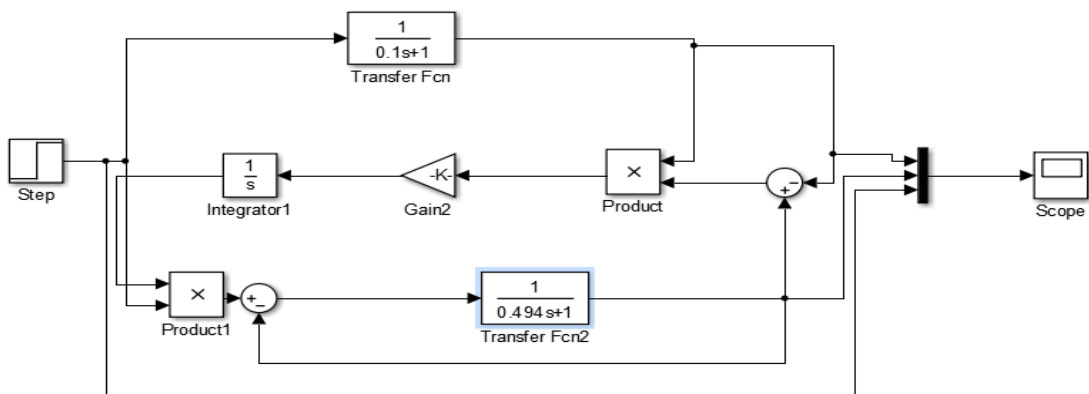
selanjutnya menerapkan MIT Rule.

$$e = \frac{\theta u_c}{0.494s + 1}$$

$$\frac{\partial e}{\partial \theta} = -\gamma \frac{\delta j}{\delta e} \cdot \frac{\delta e}{\delta \theta}$$

$$\theta(0.494s + 1) = -\gamma \cdot e \cdot \frac{\theta u_c}{0.494s + 1}$$

$$= \frac{-\gamma}{0.494+1} \cdot e \cdot \frac{u_c}{0.494s+1}$$



Gambar 3. 5 Blok Simulink MRAC

Gambar 3.5 merupakan perancangan MRAC dengan metode MIT rule dimana diagram blok dapat dilihat pada gambar 2.10 sebagaimana *error* didapat karena hasil pengurangan dari model plant dengan model referensi, dan perubahan respon *output* adalah hasil kali dari nilai *error* dengan γ .

3.6 Perancangan MRAC-PD

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

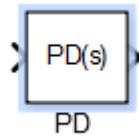
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengutip sumbernya.

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

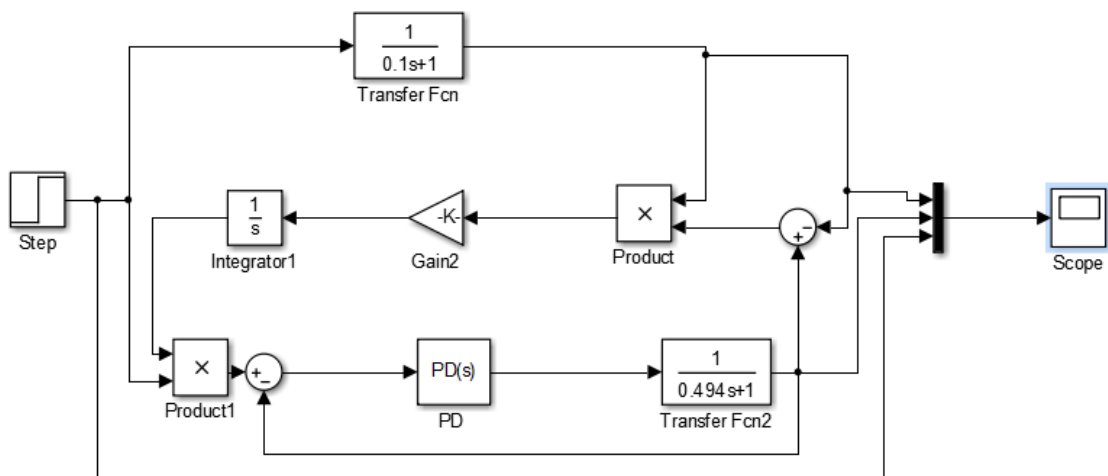
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Setelah merancang pengendali MRAC selanjutnya pengendali PD yang nantinya akan digabungkan berdasarkan bentuk umum PD maka diagram blok pengendali PD berdasarkan 2.18 adalah :



Gambar 3. 6 blok *Simulink* PD

Gambar 3.6 merupakan bentuk yang sudah yang tersedia pada *Simulink* matlab. Blok pengendali ini diklik dan akan penalaan pada proses pengendalian Aktuator Hidrolik. Penalaan PD dilakukan dengan metode heuristik dengan nilai *output* KP = 5 10 15 dan 20 dan nilai Kd = 0,5 1 1,5 dan 2. Penulis tidak memulai dari Kp = 1 karena pada saat di uji simulasi tuning Kp = 1 respon *output* sistem lebih dari 1 detik.



Gambar 3. 7 blok *Simulink* MRAC-PD



BAB IV

HASIL DAN ANALISA

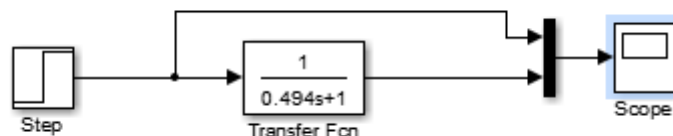
1. Gambaran Umum penelitian

pada bab sebelumnya telah dibahas langkah-langkah dalam merancang pengendali dalam mengendalikan aktuator hidrolik. Hasil rancangan pengendalian aktuator hidrolik akan diuji performansi dengan cara simulasi. Dari hasil simulasi dapat diperoleh analisa mengenai respon sistem pada saat tanpa pengendali dan ketika ditambah pengendali, kemudian dilakukan analisa dari respon sistem. Adapun analisa yang dilakukan pada bab ini adalah

1. Analisa sistem tanpa pengendali pada kecepatan gerak aktuator hidrolik
2. Perancangan pengendali MRAC pada kecepatan gerak aktuator hidrolik
3. Perancangan dan analisa sistem dengan pengendali MRAC-PD pada kecepatan gerak aktuator mesin pres, kemudian diuji ketika ada gangguan

2. Analisa Kecepatan Gerak Aktuator Hidrolik Secara *Open Loop*

Pengujian ini dilakukan untuk menganalisa respon *output steady state* dari sistem gerak aktuator hidrolik. Oleh karena itu perlu dilakukan simulasi terlebih dahulu. Permodelan matematis yang telah diperoleh pada sub bab 3.5 di atas kemudian diubah ke dalam blok diagram. Selanjutnya dilakukan simulasi yang bertujuan untuk melihat dan mengetahui respon *output* sistem sebelum dirancang suatu pengendali. Gambar 4.1 berikut merupakan blok *Simulink* dari sistem kecepatan gerak aktuator hidrolik mesin pres secara *open loop*.

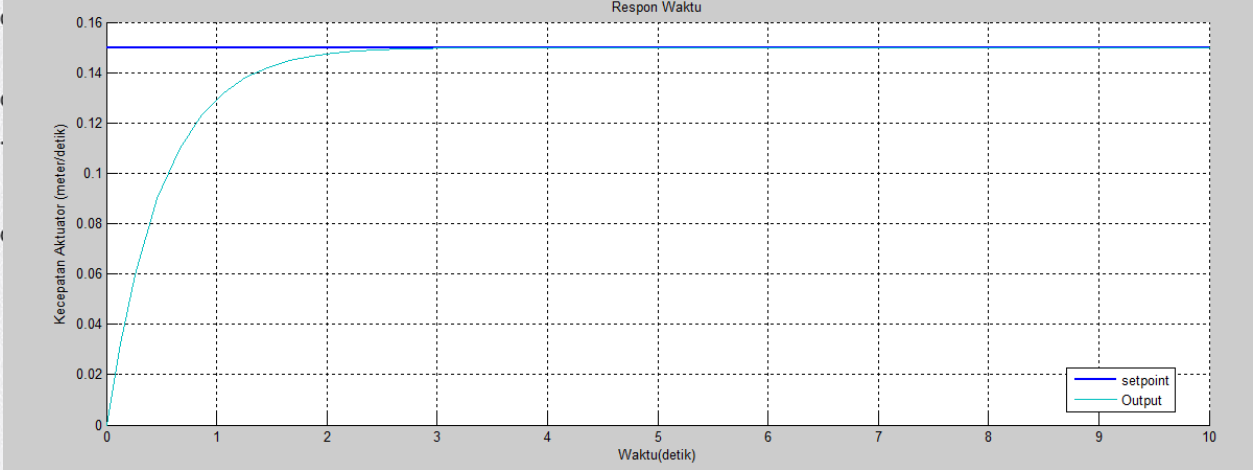


Gambar 4. 1 Blok diagram *Open Loop* Kecepatan Gerak Aktuator Hidrolik



2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1. Dilarang



Gambar 4. 2 Respon *Output* Secara *Open Loop*

Gambar 4.2 merupakan hasil respon sistem secara *open loop* pada sistem hidrolik tanpa menggunakan pengendali yang disimulasikan menggunakan matlab. Hasil respon sistem kecepatan aktuator hidrolik, *settling time* lambat.

. Adapun analisa respon kecepatan gerak aktuator hidrolik tanpa pengendali (*open loop*) adalah sebagai berikut:

. Konstanta waktu (τ):

Nilai ketika respon mencapai 63.2% dari *steady state* adalah:

$$\begin{aligned} \text{kecepatan pada saat 63,2\%} &= 63,2\% \times \text{respon output steady state} \\ &= 63,2\% \times 0,15 \text{ meter/detik} \\ &= 0,0948 \text{ meter/detik} \end{aligned}$$

τ adalah waktu yang diperlukan sistem untuk mencapai kecepatan 0,0948 meter/detik. Nilai yang menunjukkan respon *output steady state* pada saat mencapai kecepatan 0,0948 meter/detik menunjukkan nilai respon *output steady* 0,513 detik didapat setelah melakukan *zoom*.



2. *Settling time* (t_s):

$$t_s(\pm 5\%) = 3\tau$$

$$t_s(\pm 5\%) = 3 \times 0,513 \text{ detik}$$

$$t_s(\pm 5\%) = 1,539 \text{ detik}$$

Adalah ukuran waktu yang menyatakan bahwa respon *output steady state* telah masuk pada daerah stabil. Di orde 1 untuk mencari *settling time* = 3τ maka nilai t_s adalah 1,539 detik

Rise time (t_r):

$$\begin{aligned} \text{kecepatan pada saat 10\%} &= 10\% \times \text{respon } \textit{output steady state} \\ &= 10\% \times 0,15 \text{ meter/detik} \\ &= 0,015 \text{ meter/detik} \end{aligned}$$

Nilai yang menunjukkan respon *rise time* saat keadaan 10% dari respon *output steady state* adalah 0,015 detik/meter dan ketika dilakukan *zoom* pada tampilan adalah 0,061 detik.

$$\begin{aligned} \text{kecepatan pada saat 90\%} &= 90\% \times \text{respon } \textit{output steady state} \\ &= 90\% \times 0,15 \text{ meter/detik} \\ &= 0,135 \text{ meter/detik} \end{aligned}$$

Nilai yang menunjukkan respon *rise time* saat keadaan 90% dari respon *output steady state* adalah 0,015 detik/meter dan ketika dilakukan *zoom* pada tampilan adalah 1,2 detik

maka nilai waktu naik yang didapat dari respon sistem *open loop* adalah ;

$$\begin{aligned} t_r(90\%) - t_r(10\%) &= 1,2 \text{ detik} - 0,06 \text{ detik} \\ &= 1,14 \text{ detik} \end{aligned}$$

Delay time (t_d):

$$\begin{aligned} \text{kecepatan pada saat 50\%} &= 50\% \times \text{respon } \textit{output steady state} \\ &= 50\% \times 0,15 \text{ meter/detik} \\ &= 0,075 \text{ meter/detik} \end{aligned}$$

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



t_d adalah 50% dari respon *output steady state* yaitu 0,075 detik, setelah melakukan *zoom* di dapat nilai $t_d = 0,365$ detik

Error steady state (e_{ss}):

$$e_{ss} = R_{ss} - C_{ss}$$

$$e_{ss} = 0,15 \text{ meter/detik} - 0,15 \text{ meter/detik}$$

$$e_{ss} = 0 \text{ meter/detik}$$

Nilai *error steady state* menunjukkan 0 meter/detik karena sistem mencapai *setpoint*.

Nilai τ , t_s , t_r , t_d dan e_{ss} pada respon *open loop* dapat dilihat pada tabel 4.1 berikut ini:

Tabel 4. 1 Analisa Respon *Open Loop*

| Analisa Respon | Level |
|---|-------------|
| konstanta waktu (τ) | 0,513 detik |
| waktu tunak/ <i>settling time</i> (t_s) | 1,539 detik |
| waktu naik/ <i>rise time</i> (t_r)(10% – 90%) | 1,14 detik |
| waktu tunda/ <i>delay time</i> (t_d) | 0,365 detik |
| kesalahan tunak/ <i>error steady state</i> (e_{ss}) | 0 |

4.3 Pengendali MRAC dan MRAC-PD

pengujian pada sistem kecepatan gerak aktuator hidrolik dalam menurunkan *settling time* dilakukan dengan menambah pengendali MRAC-PD dan dilakukan analisa respon *transient* pada sistem orde satu.

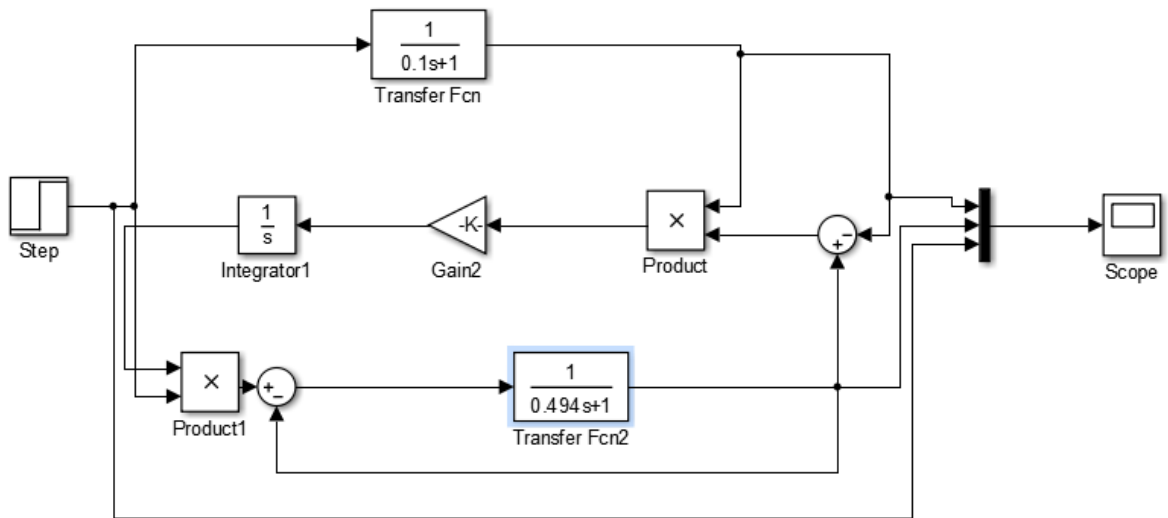
Sebelum merancang pengendali MRAC-PD terlebih dahulu mencari nilai MRAC yang mengikuti model referensi



4.3.1 Pengendali MRAC

Pengujian sistem dengan pengendali MRAC dilakukan untuk melihat performansi pengendali pada saat mengendalikan kecepatan aktuator hidrolik.

Perancangan pengendali MRAC di *Simulink* dengan matlab seperti pada gambar



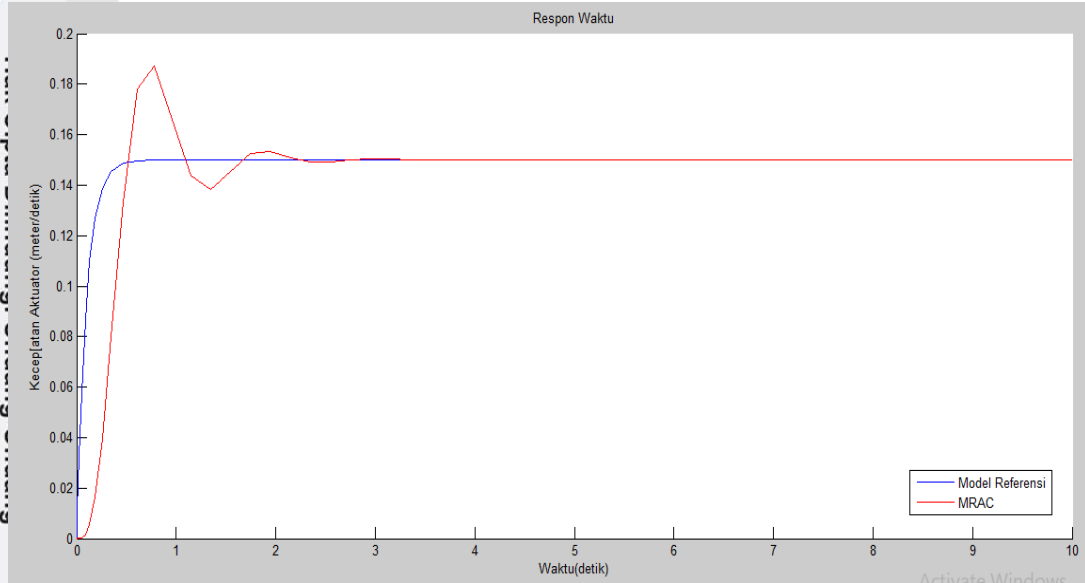
Gambar 4. 3 Blok Diagram kecepatan Aktuator Hidrolik Kendali MRAC

Dari simulasi kecepatan aktuator hidrolik menggunakan pengendali MRAC

dengan nilai $\gamma = 750$ dapat dilihat pada gambar 4.4

1. Dilang mengutip sel
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

antumkan dan menyebutkan sumber:



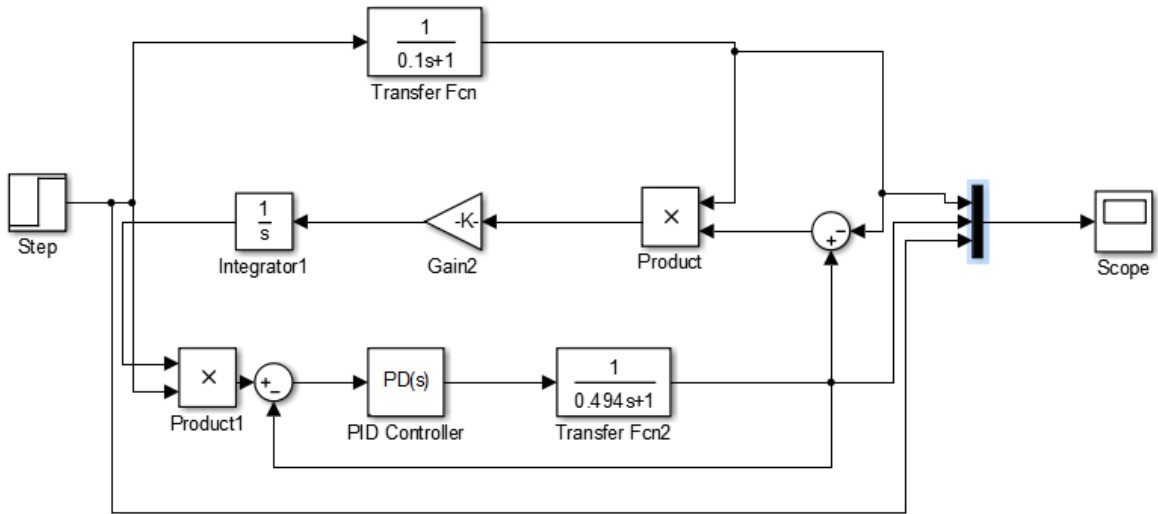
Gambar 4. 4 Respon MRAC

Dari gambar 4.8 dilihat bahwa respon MRAC dapat mengikuti model referensi namun respon dari pengendali MRAC masih memiliki *Overshot* dibutuhkan Pengendali lain agar bisa menghilangkan *overshot*. Nilai γ pada gambar 4.4 adalah -750 karena pada nilai tersebut mendekati nilai model referensi ketika mencapai *setpoint*.

4.3.2 Pengendali MRAC-PD

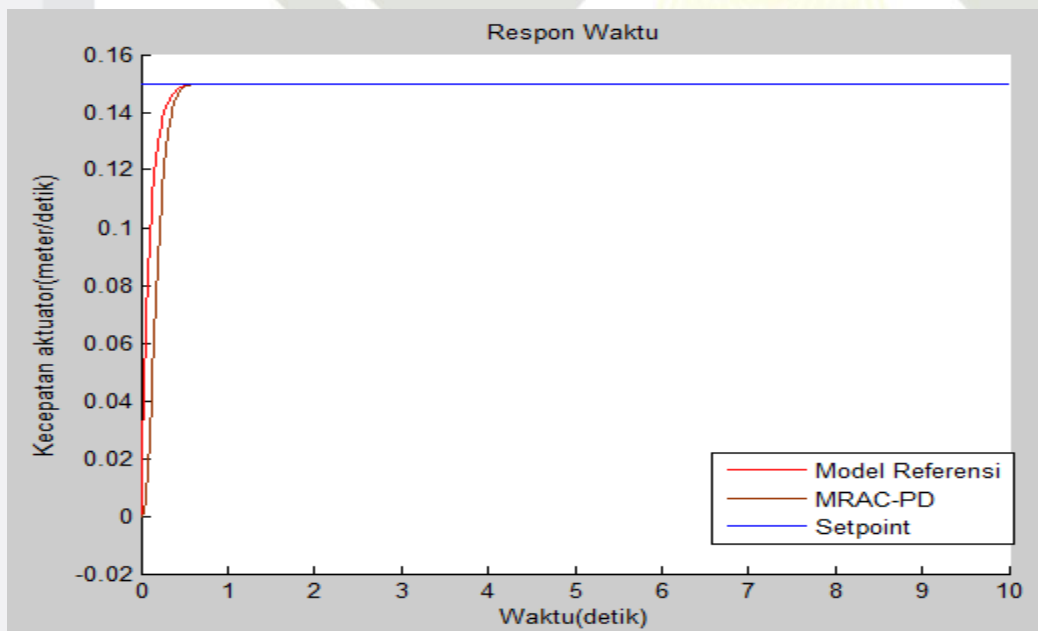
Ditambahnya pengendali PD untuk menutupi kelemahan dari pengendali MRAC yang masih ada *overshot* pengendali *Derivative* mempunyai kelebihan dalam meredam *overshot*. Nilai dari parameter PD didapat dengan metode heuristik.

Perancangan pengendali MRAC-PD di *Simulink* dengan matlab seperti pada gambar 4.9



Gambar 4. 5 Blok Diagram Kecepatan Gerak Aktuator Hidrolik Pengendali MRAC-PD

Hasil simulasi penendalian kecepatan gerak aktuator hidrolik menggunakan pengendali MRAC-PD dengan gamma 750 dan nilai $K_p = 20$ dan $K_d = 1$ dapat dilihat pada gambar 4.6



Gambar 4. 6 Grafik Kecepatan Aktuator Hidrolik Dengan kendali MRAC-PD



4.4 Analisa Pengendali MRAC-PD

Penambahan pengendali PD untuk menutupi kekurangan dari respon pengendali MRAC. Nilai dari parameter PD didapat menggunakan metode heuristik berpola sebagai berikut;

Tabel 4. 2 Penalaan PD

| Setpoint (meter/detik) | Gamma | Heuristik | | t_s (detik) | t_r (detik) | e_{ss} (meter/detik) |
|------------------------|-------|-----------|-----|------------------|------------------|---------------------------|
| | | Kp | Kd | | | |
| 0,15 | -750 | 5 | 0,5 | 0.7026 | 0,2557 | 0 |
| | | 5 | 1 | 0.6765 | 0,272 | 0 |
| | | 5 | 1,5 | 0.6594 | 0,2765 | 0 |
| | | 5 | 2 | 0.648 | 0,279 | 0 |
| | | 10 | 0,5 | 0.657 | 0,238 | 0 |
| | | 10 | 1 | 0.6498 | 0,2523 | 0 |
| | | 10 | 1,5 | 0.6426 | 0,261 | 0 |
| | | 10 | 2 | 0.6363 | 0,265 | 0 |
| | | 15 | 0,5 | 0.6351 | 0,235 | 0 |
| | | 15 | 1 | 0.6342 | 0,247 | 0 |
| | | 15 | 1,5 | 0.6312 | 0,254 | 0 |
| | | 15 | 2 | 0.6282 | 0,2585 | 0 |
| | | 20 | 0,5 | 0,6228 | 0,237 | 0 |
| | | 20 | 1 | 0,624 | 0,2453 | 0 |
| | | 20 | 1,5 | 0,624 | 0,2515 | 0 |
| | | 20 | 2 | 0.622 | 0,2554 | 0 |

Dari tabel 4.2 diperoleh $K_p = 20$ dan $K_d = 1$ *settling time* kecil dan stabil jika dibandingkan dengan nilai $K_p = 20$ dan $K_d = 2$ nilai *settling time* lebih kecil namun respon masih di atas *setpoint*. Oleh sebab itu penulis memilih $K_p = 20$ dan $K_d = 1$.

Berdasarkan grafik pada gambar 4.6 dapat dilakukan analisa respon sistem ketika ditambahkan pengendali MRAC-PD adalah sebagai berikut:



1. Konstanta waktu (τ):

$$\begin{aligned}\text{kecepatan pada saat } 63,2\% &= 63,2\% \times \text{respon output steady state} \\ &= 63,2\% \times 0,15 \text{ meter/detik} \\ &= 0,0948 \text{ meter/detik}\end{aligned}$$

τ adalah waktu yang mencapai kecepatan 0,0948 meter/detik. Nilai dari respon *steady state* 0,208 detik dapat dilihat dengan *zoom* untuk mengetahui nilai waktu.

Settling time (t_s);

$$\begin{aligned}t_s(\pm 5\%) &= 3\tau \\ t_s(\pm 5\%) &= 3 \times 0,208 \text{ detik} \\ t_s(\pm 5\%) &= 0,624 \text{ detik}\end{aligned}$$

t_s Adalah ukuran waktu yang menyatakan bahwa respon sistem telah masuk pada daerah stabil. Di orde 1 untuk mencari *settling time* $= 3\tau$ maka nilai t_s adalah 0,624 detik

Rise time (t_r):

$$\begin{aligned}\text{kecepatan pada saat } 10\% &= 10\% \times \text{respon output steady state} \\ &= 10\% \times 0,15 \text{ meter/detik} \\ &= 0,015 \text{ meter/detik}\end{aligned}$$

Nilai yang menunjukkan respon *rise time* saat keadaan 10% dari respon *steady state* adalah 0,015 detik/meter dan ketika dilakukan *zoom* pada tampilan adalah 0,078 detik

$$\begin{aligned}\text{kecepatan pada saat } t_r(90\%) &= 90\% \times \text{respon output steady state} \\ &= 90\% \times 0,15 \text{ meter/detik} \\ &= 0,135 \text{ meter/detik}\end{aligned}$$

$$t_r(90\%) = 0,323 \text{ detik}$$

Nilai yang menunjukkan respon *rise time* saat keadaan 90% dari respon *output steady state* adalah 0,015 detik/meter dan ketika dilakukan *zoom* pada tampilan adalah 0,323 detik

Maka nilai waktu naik yang di dapat dari respon pakai kendali MRAC-PD

$$\begin{aligned}t_r(90\%) - t_r(10\%) &= 0,323 \text{ detik} - 0,078 \text{ detik} \\ &= 0,2453 \text{ detik}\end{aligned}$$



4. Delay time (t_d):

$$\begin{aligned}
 \text{kecepatan pada saat 50\%} &= 50\% \times \text{respon output steady state} \\
 &= 50\% \times 0,15 \text{ meter/detik} \\
 &= 0,075 \text{ meter/detik} \\
 t_d &= 0,172 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

Nilai yang menunjukkan 50% dari nilai *steady state*. Dan ketika dilakukan menggunakan *zoom* adalah 0,172 detik

Error steady state (e_{ss}):

$$e_{ss} = R_{ss} - C_{ss}$$

$$e_{ss} = 0,15 \text{ meter/detik} - 0,15 \text{ meter/detik}$$

$$e_{ss} = 0 \text{ meter/detik}$$

Error steady state bernilai 0 karena respon mencapai *setpoint*

Analisa respon *open loop* dengan kendali MRAC-PD dapat dilihat pada tabel 4.3

Dari tabel 4.3 dapat dilihat bahwa masalah pada *settling time* dapat teratasi ketika ditambah pengendali MRAC-PD.

Tabel 4.3 Analisa Respon *Open loop* dan MRAC-PD

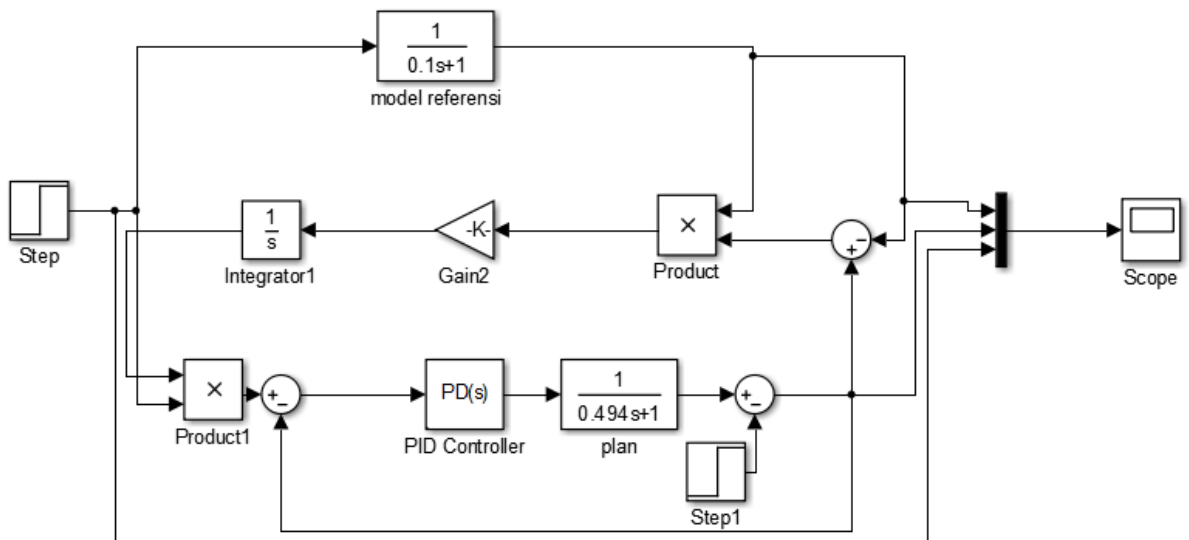
| Analisa Respon | Open loop | MRAC-PD |
|---|-------------|--------------|
| Konstanta waktu (τ) | 0,513 detik | 0,208 detik |
| Waktu tunak/ <i>settling time</i> (t_s) | 1,539 detik | 0,624 detik |
| Waktu naik/ <i>rise time</i> (t_r (10% – 90%)) | 1,14 detik | 0,2453 detik |
| Waktu tunda/ <i>delay time</i> (t_d) | 0,365 detik | 0,172 detik |
| Kesalahan tunak/ <i>error steady state</i> (e_{ss}) | 0 | 0 |

4.5 Analisa Pengendalian Kekokohan MRAC-PD dalam Mengatasi Gangguan pada Kecepatan Aktuator Hidrolik

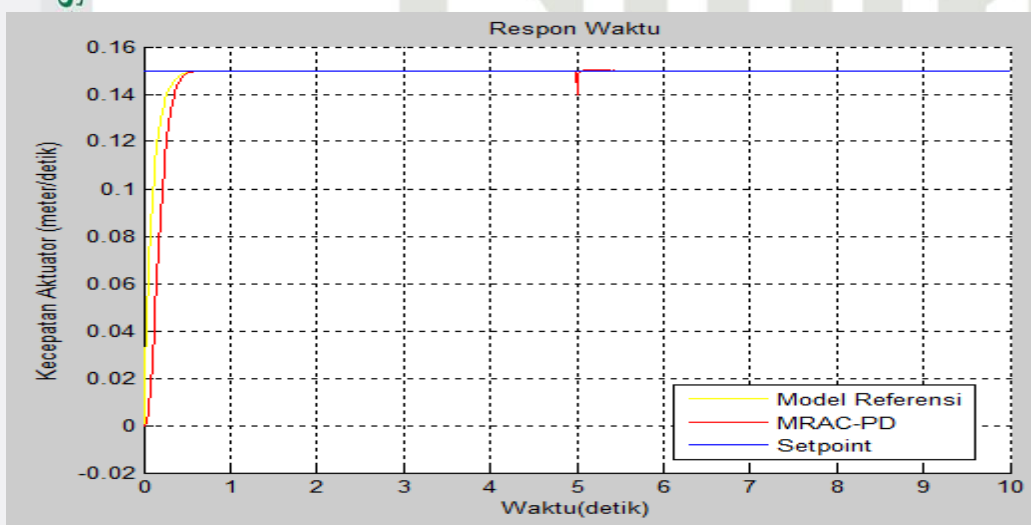
Gangguan Berupa Perubahan Kecepatan pada Aktuator Hidrolik

Pengujian pengendali MRAC-PD pada kecepatan gerak aktuator hidrolik

selanjutnya dengan memberi beban sinyal, beban disini diibaratkan 8% dari nilai dari $setpoint$ berupa dampak dari adanya beban yang berakibat penurunan kecepatan. Ganguan diberikan pada detik ke 5 dari waktu simulasi 10 detik. Nilai gangguan adalah $8\% \times 0,15$ detik = 0,01 detik.



Gambar 4. 7 Blok Diagram MRAC-PD dengan Beban



Gambar 4. 8 Respon ketika diberi gangguan pada detik ke 5



Gambar 4.8 menunjukkan respon ketika diberi gangguan pada detik ke 5, terjadi penurunan kecepatan dan pengendali mampu membuat respon kembali stabil pada *setpoint*. Dan analisa bahwa sistem respon sistem dapat kembali ke nilai *settling time* adalah sebagai berikut:

Konstanta waktu (τ):

$$\begin{aligned} \text{kecepatan pada saat } 63,2\% &= 63,2\% \times \text{respon output steady state} \\ &= 63,2\% \times 0,01 \text{ meter/detik} \\ &= 0,00632 \text{ meter/detik} \end{aligned}$$

τ adalah waktu yang mencapai kecepatan 0,00632 meter/detik. Nilai dari respon output *steady state* adalah 0,0028 detik dapat dilihat dengan *zoom* untuk mengetahui nilai waktu.

Settling time (t_s);

$$t_s(\pm 5\%) = 3\tau$$

$$t_s(\pm 5\%) = 3 \times 0,0028 \text{ detik}$$

$$t_s(\pm 5\%) = 0,0084 \text{ detik}$$

t_s Adalah ukuran waktu yang menyatakan bahwa respon sistem telah masuk pada daerah stabil. Di orde 1 untuk mencari *settling time* = 3τ maka nilai t_s adalah 0,0048 detik

1. Diteliti dan diteliti bagian-bagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi dan analisa yang dilakukan pada kecepatan gerak aktuator hidrolik dapat disimpulkan bahwa menggunakan pengendali MRAC-PD berhasil meminimalkan *settling time* 0.6222 detik dan *rise time* 0,225 detik. Hasil baik dan memenuhi dengan tujuan penelitian. Nilai *gamma* untuk MRAC = -750 dan $K_p = 20$ dan $K_d = 1$. Sistem mampu kembali ke kecepatan *setpoint* dan ketika ditambah gangguan dengan *settling time* sebesar 0.0048 detik

2 Saran

Dengan menggunakan pengendali MRAC-PD. Peneliti menyarankan agar penelitian selanjutnya menggunakan PD *gain scheduling*, agar cepat mendapatkan nilai PD yang sesuai tanpa harus pakai penalaan. Pada penelitian berikutnya dapat digunakan pengendali *fuzzy adaptif* dan *fuzzy gain scheduling*



DAFTAR PUSTAKA

- [1] I Sumarwijaya.,” Analisis Sistem Kontrol *Servo* Hidrolik Pada Mesin Semi Solid Metal Forging Rancangan n BPPT-MEPP0” Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Bengkulu, 2014.
- [2] R Adhiharto, E patriatna, M i Fauzan., “Studi Perancangan Mesin Press Hidrolik dengan Metode VDI 2222”. Seminar Nasional Teknologi dan Rekayasa, 2018
- [3] M. Kabib, I.M.L Batan, B. Pramujati dan A.G. Pramono “Analisa Pemodelan dan Simulasi Gerak Aktuator Punch pada Mesin Pres untuk Proses Deep Drawing” Proceeding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XIV, 7-8 Oktober 2015
- [4] DiStefano, Joseph., Stubberud, Allen., Williams, Ivan., “Schaum’s Outline of Feedback and Control Systems”, 2nd Edition, McGraw-Hill, 2011.
- [5] M. Saad, A. Albagul, and Y. Abueejela., “*Performance Comparison between PI and MRAC for Coupled-Tank System*” *Journal of Automation and Control Engineering* Vol. 2, No. 3, September 2014
- [6] Halim.M ”*model reference Adaptif Contro-Proportional Derivarive(MRAC-PD)* untuk kendali Kelembapan dan Temperatur pada Sistem Pendingin Jamur Merang” Jurnal NOVEK SERI ELEKTRO, VOL 2, 1 April 2020
- [7] Wenyu Z dkk “*Desain Of Attitude Control System For UAV Based On Feedback Linearization and Adaptive Control*” *Hindawi Publishing corporation Mathematical Problem In Engineering*, Volume 2014
- [8] Rismawan,F, Setiawan,i. Wahyudi “Aplikasi kendali pada Sistem Pengaturan Temperatur Cairan dengan Tipologi Kendali *Model Referensi Adaptive Controler(MRAC)*”
- [9] Sudewo,T. dkk “disain dan Implementasi Kontrol PID *Model Reference Adaptive Control* untuk *Autimatic safe landing* pada pesawat UAV *Quadcopter*” Jurnal Ternik ITS Vol.1, 2012
- [10] Jakfar, S. “Desain Kendali MRAC-PD pada Pengendalian Level untuk Sistem *Continuous Stirred Tank Reactor*” 2019



[11] Aryoseto, J “Pembuatan Alat Peraga Hidrolik” 2010

[12] I. Jakoubek “Experimental Identification of Stable Nonoscillatory Systems on Step Responses by Selected Methods”, 2009

[13] Ogata, K. “Teknik Kontrol Automatik, Erlangga, Jilid 1, Erlangga, Jakarta, 1995

[14] K.J. Astrom and B. Wittenmark, “*Adaptive control*”, 2nd ed., Dover Publications, New York, 1995

[15] I. Setiawan. “Kontrol PID untuk Proses Industri” Jakarta, Elex Media Komputindo, 2008

[16] Waloyo, Fitriansyah, A. Syahril “Analisis Penalaan Kontrol PID pada Simulasi Kendali Kecepatan Putaran Motor DC Berbeban menggunakan Metode Heuristik” *Ikomika: Jurnal Teknik Elektro, Institut Teknologi Nasional (ITENAS) Bandung*. Vol.1 No.2, 2013

[17] Harna, P.C. “*A textbook of Production Engineering*” New Dehli, 2002

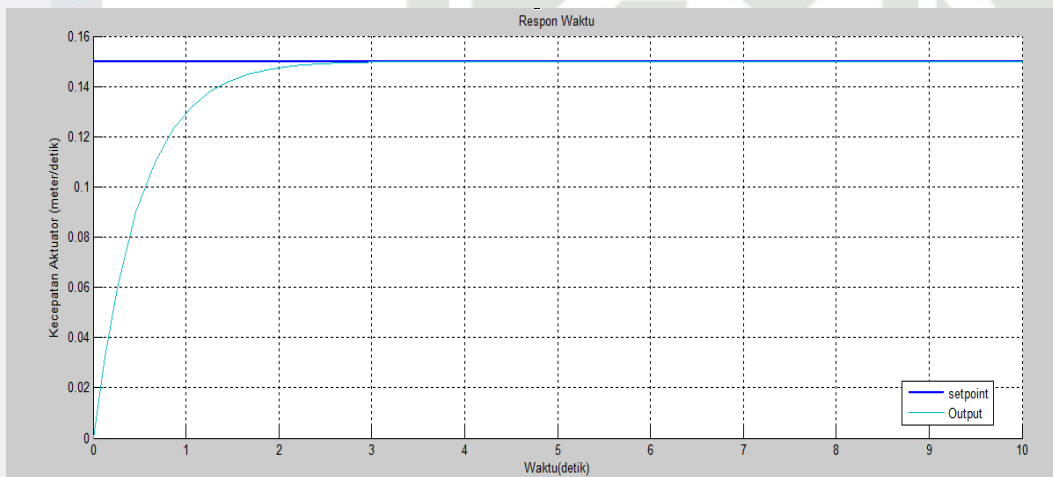
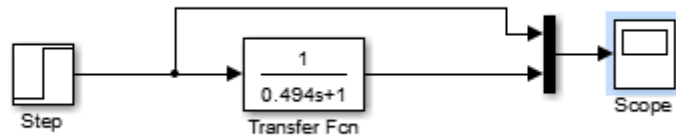
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
2. Dilarang mengutip atau menyalin sebagian atau seluruh isi karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



LAMPIRAN A

Blok Diagram dan Respon Keluaran

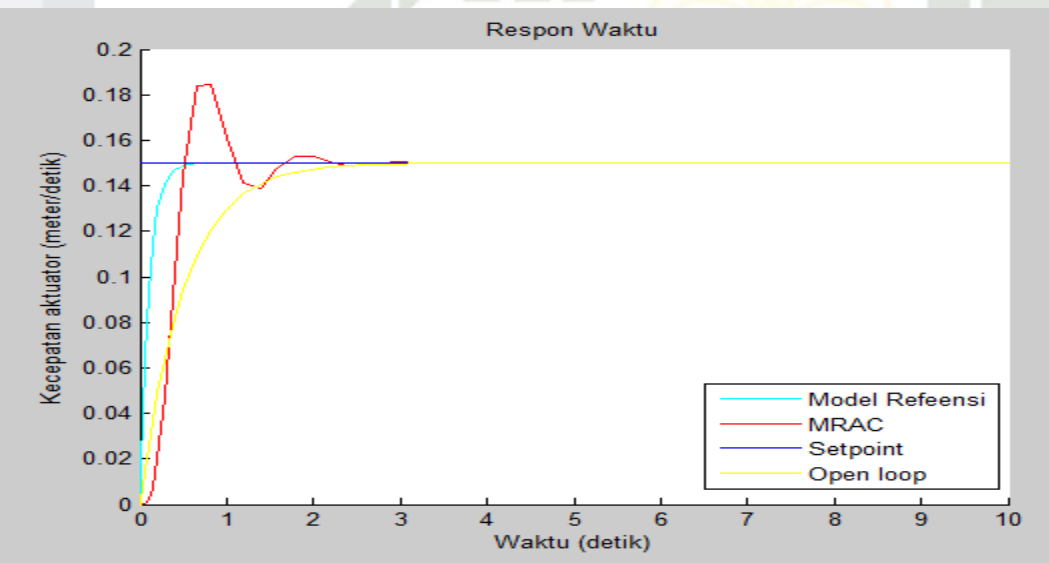
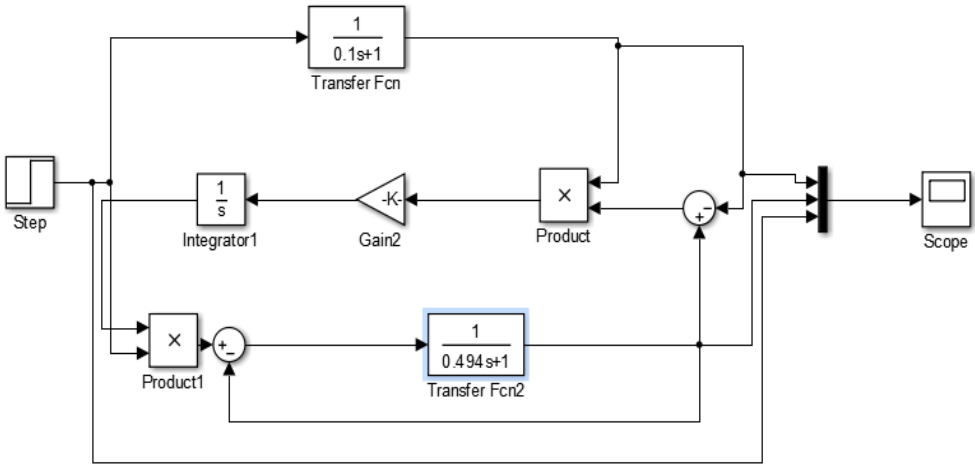
Blok diagram secara *open loop* dan respon keluaran



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Blok Diagram Menggunakan Pengendali MRAC dan Respon Keluaran

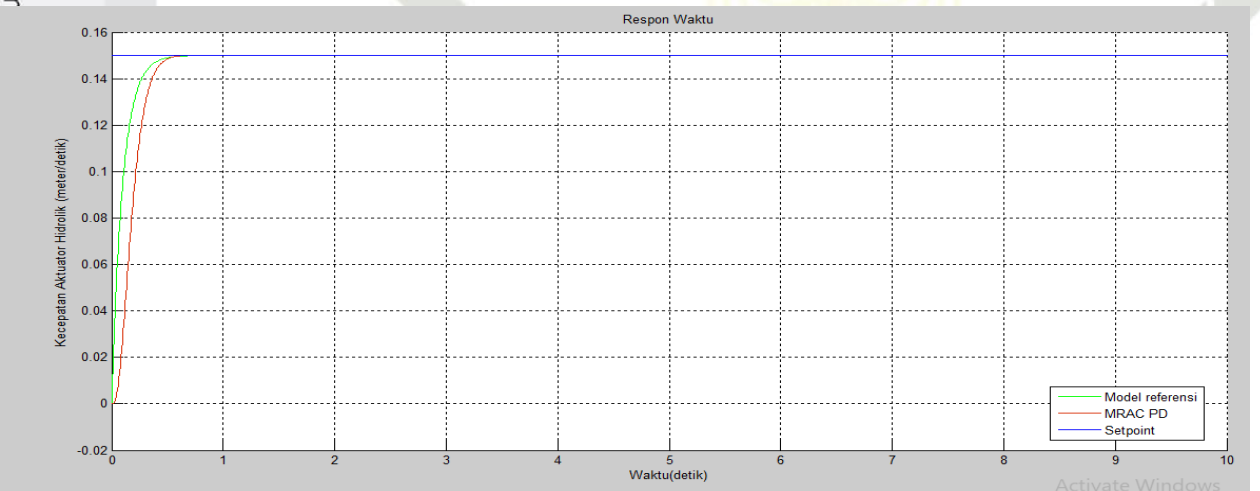
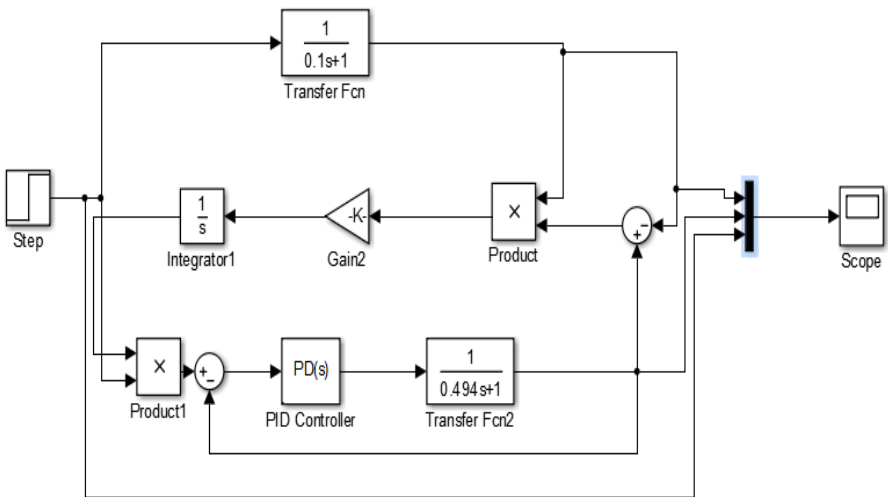


- HAK Cipta Dilindungi Undang-Undang**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

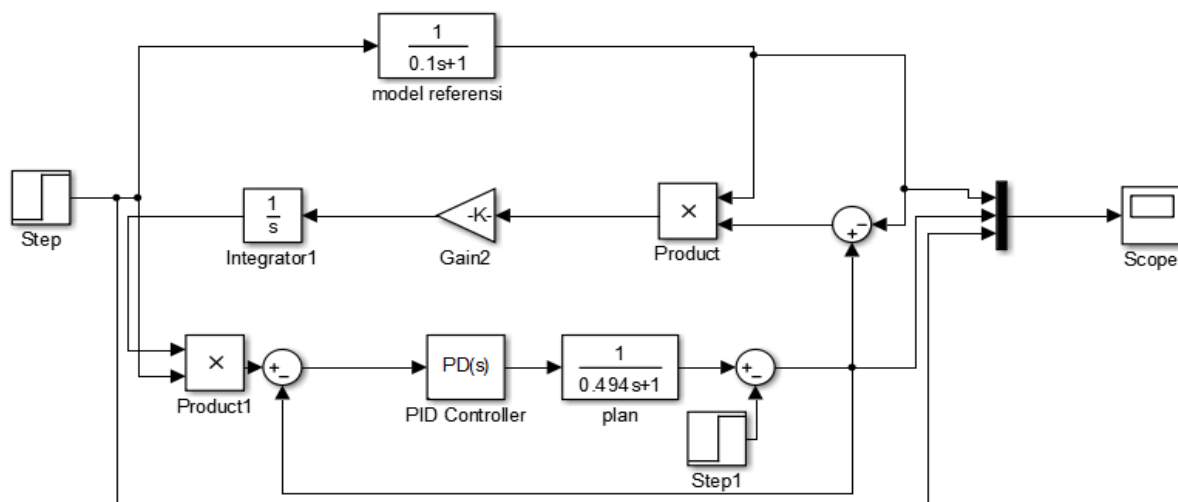
Hak Cipta Dimindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantur
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masa
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

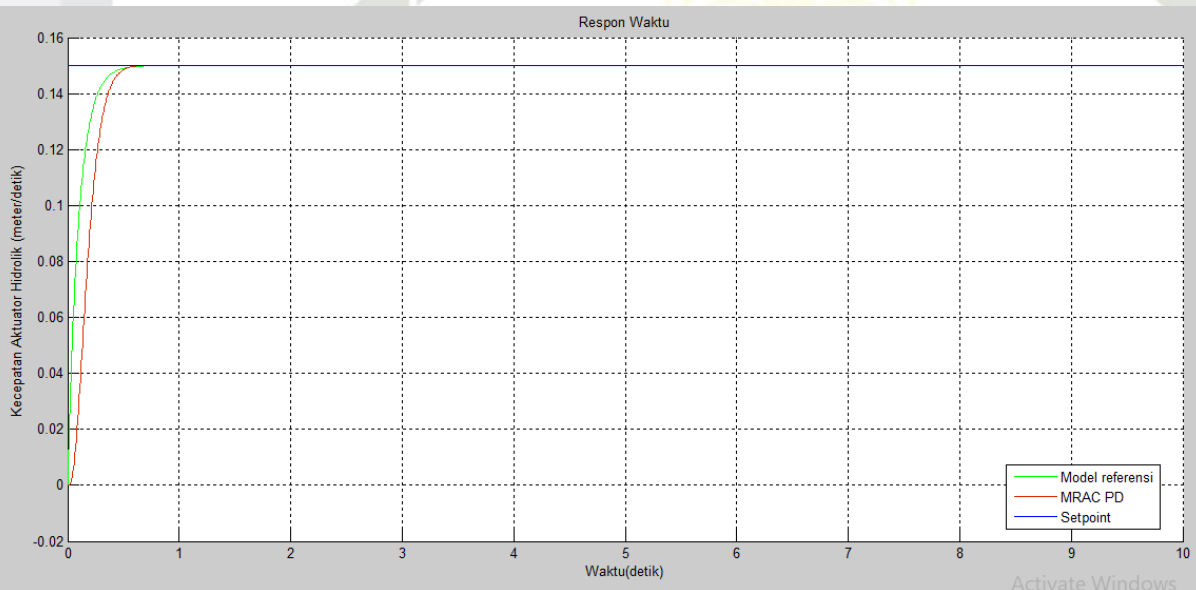
Blok Diagram Pengendali MRAC-PD dan Respon Keluaran



4. Blok diagram pengendali MRAC-PD dengan gangguan dan respon Keluaran



a tulis ini tang



1. Dila
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masa

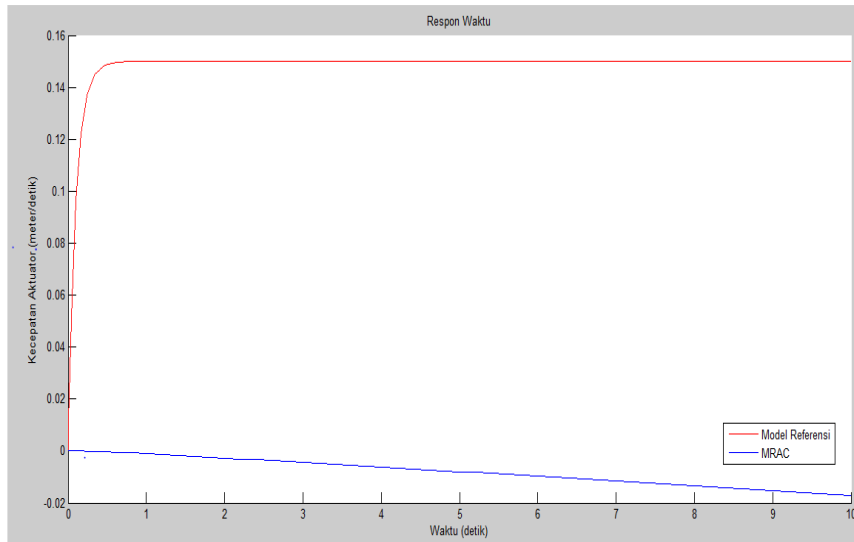
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.



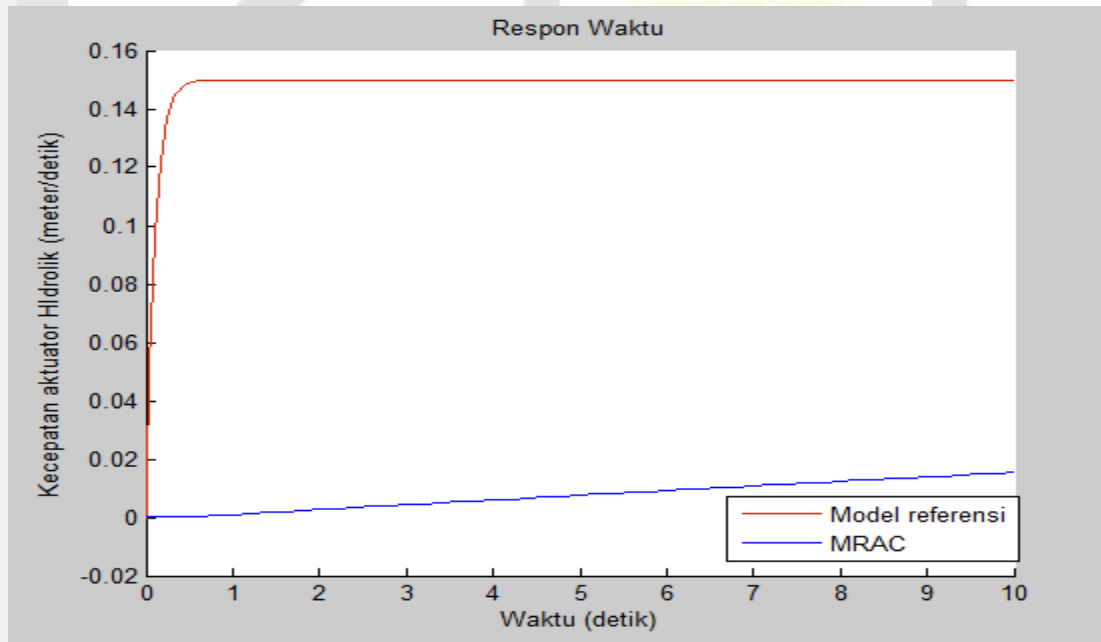
LAMPIRAN B

Proses *Tuning* Nilai Gamma(γ) pada Pengendali MRAC dengan *Trial and Error*

Hasil simulasi MRAC dengan Nilai $\gamma = 1$



2. Hasil simulasi MRAC dengan Nilai $\gamma = -1$

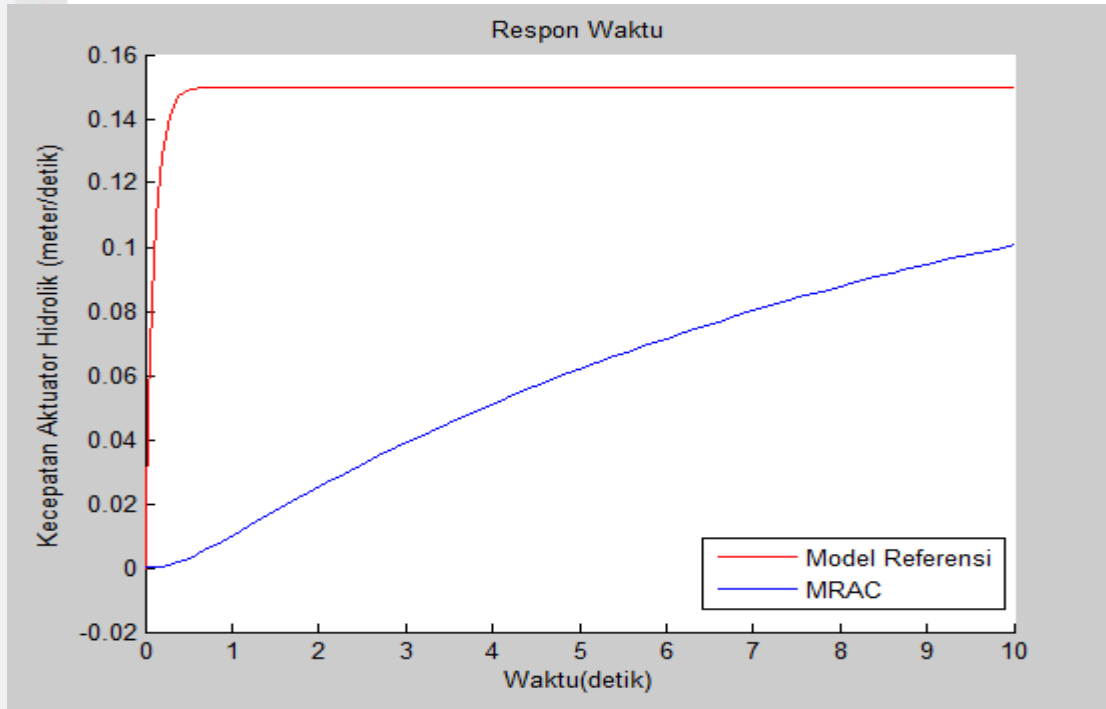


1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

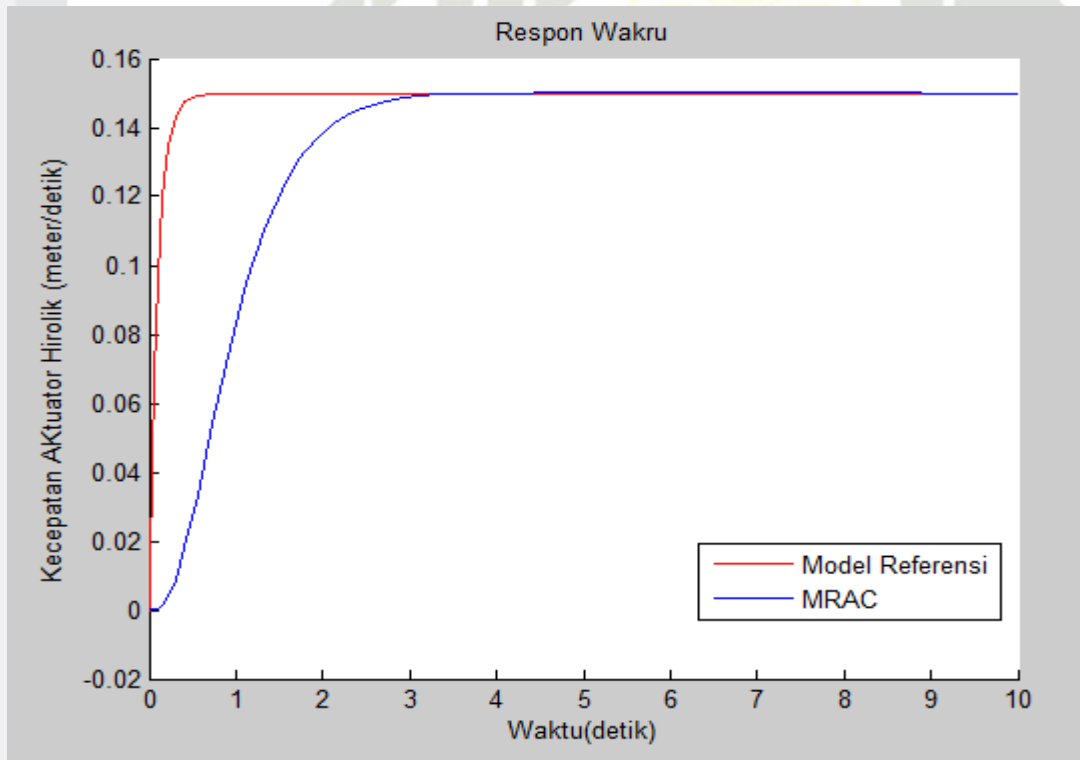
3. Hasil Simulasi Dengan Nilai $\gamma = -10$

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



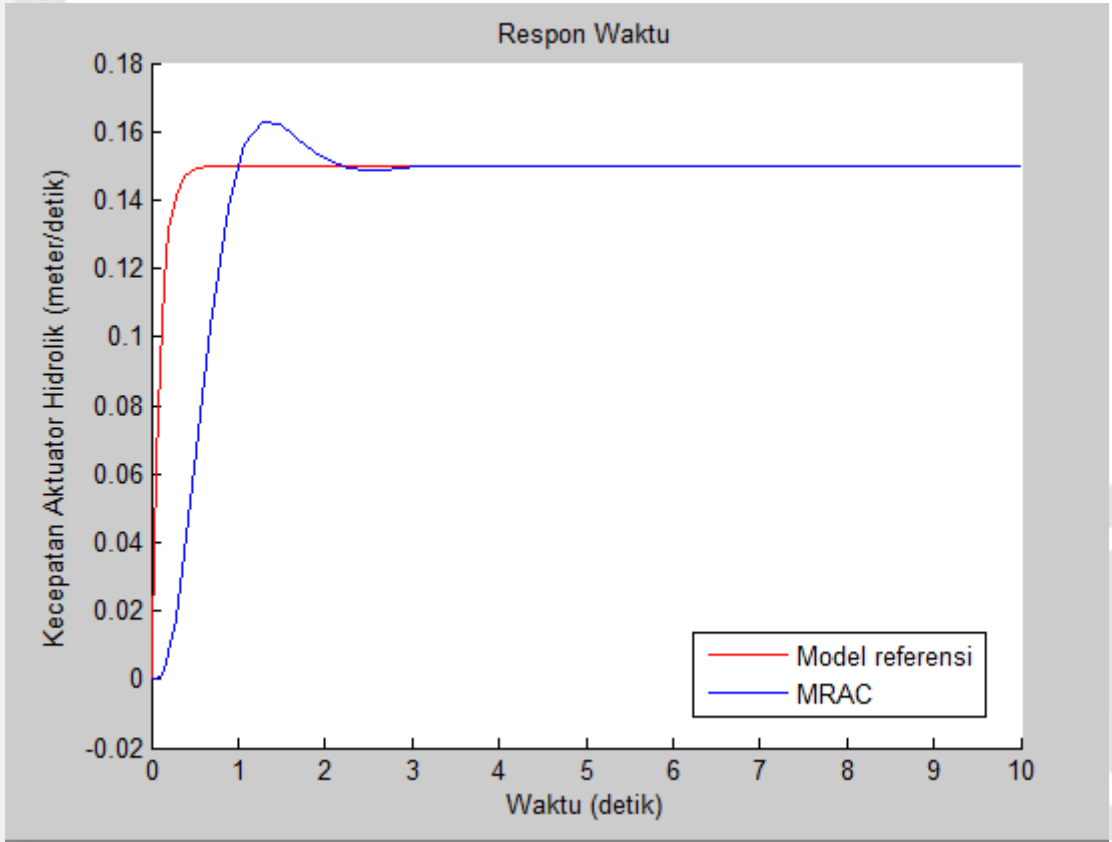
4. Hasil Simulasi Nilai $\gamma = -100$



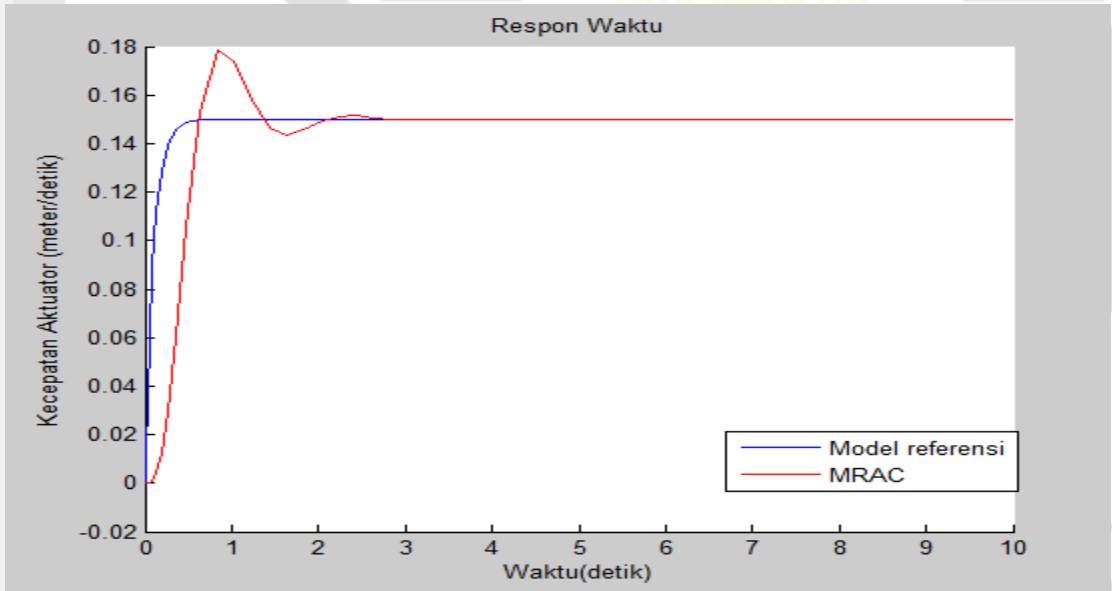
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

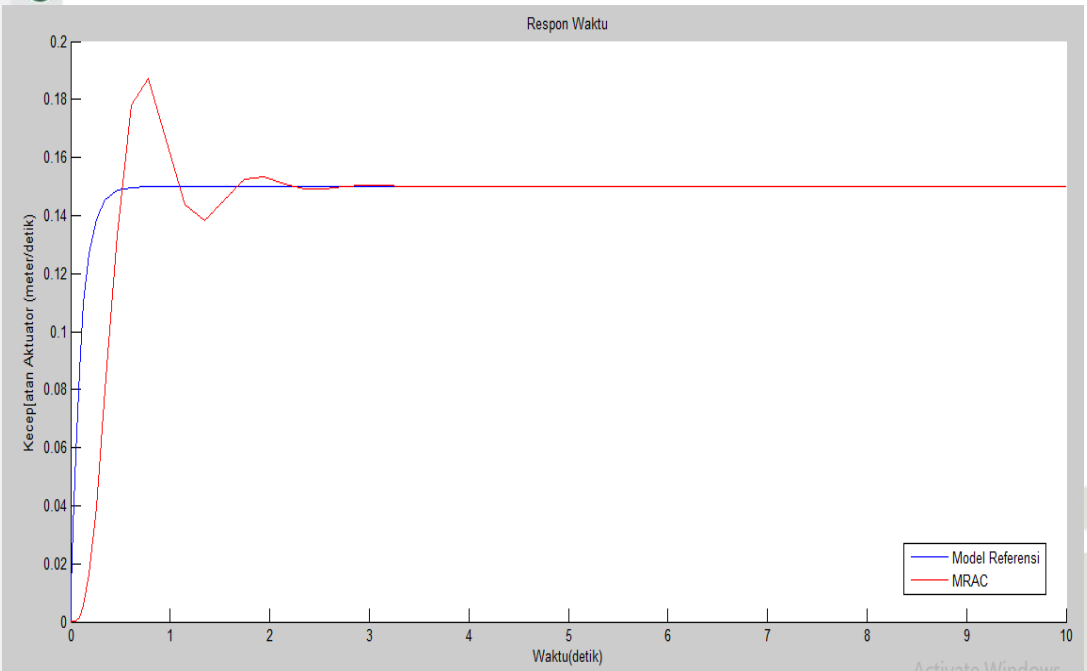
Hasil Simulasi Nilai $\gamma = -250$



6. Hasil Simulasi Nilai $\gamma = -500$



Hasil Simulasi Nilai $\gamma = -750$



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

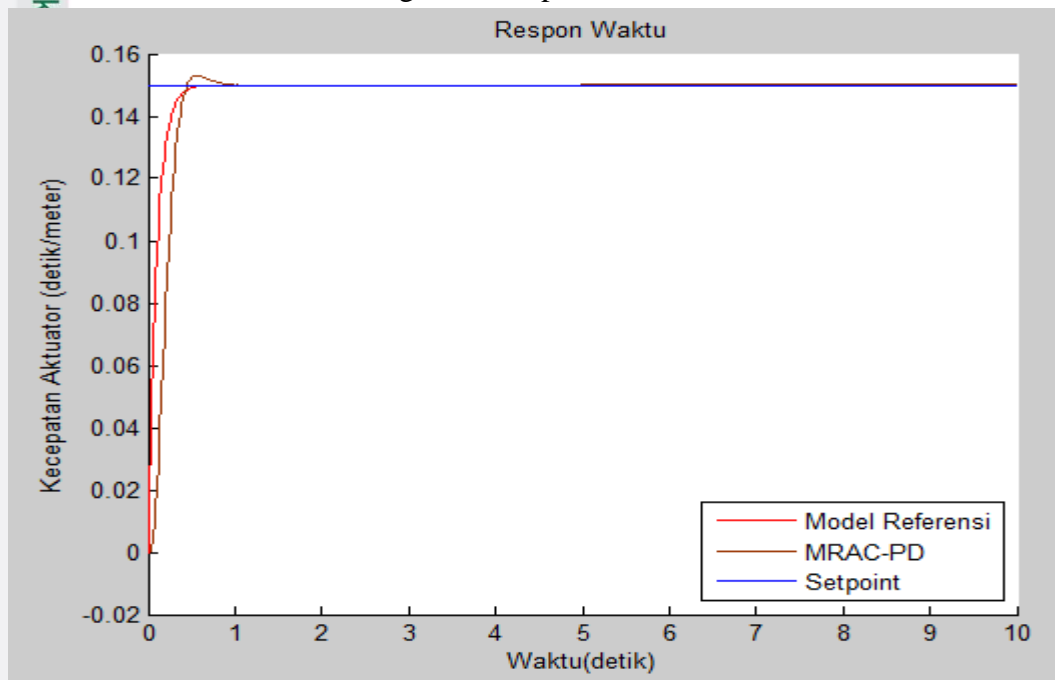
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



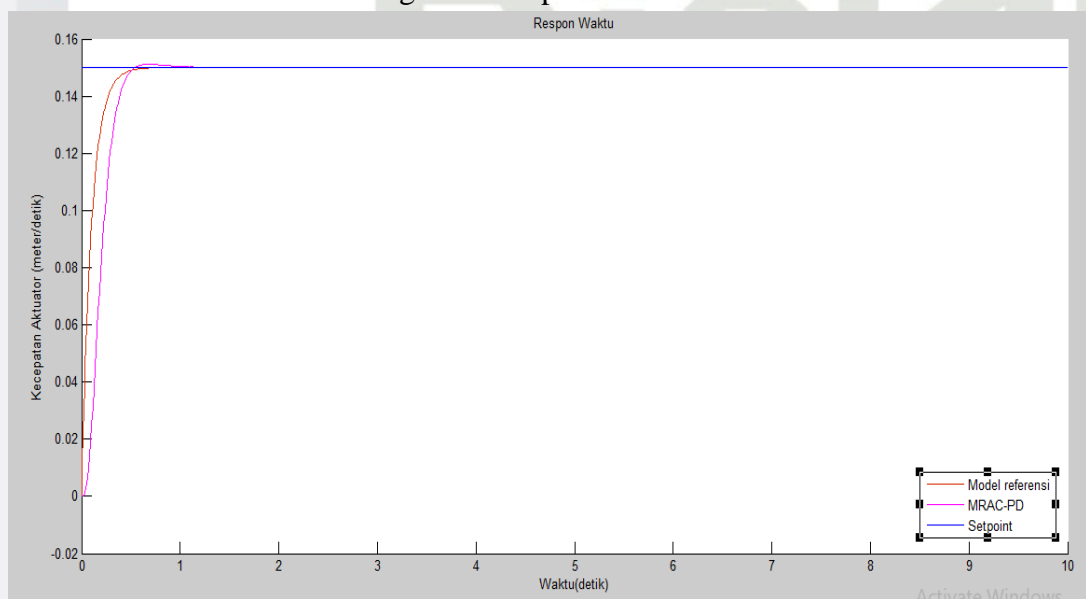
LAMPIRAN C

Proses Penalaan Parameter PD dengan Metode Heuristik dengan Kombinasi Pengendali MRAC

1. Hasil simulasi MRAC-PD dengan nilai $K_p = 5$ dan $K_d = 0,5$



2. Hasil simulasi MRAC-PD dengan nilai $K_p = 5$ dan $K_d = 1$

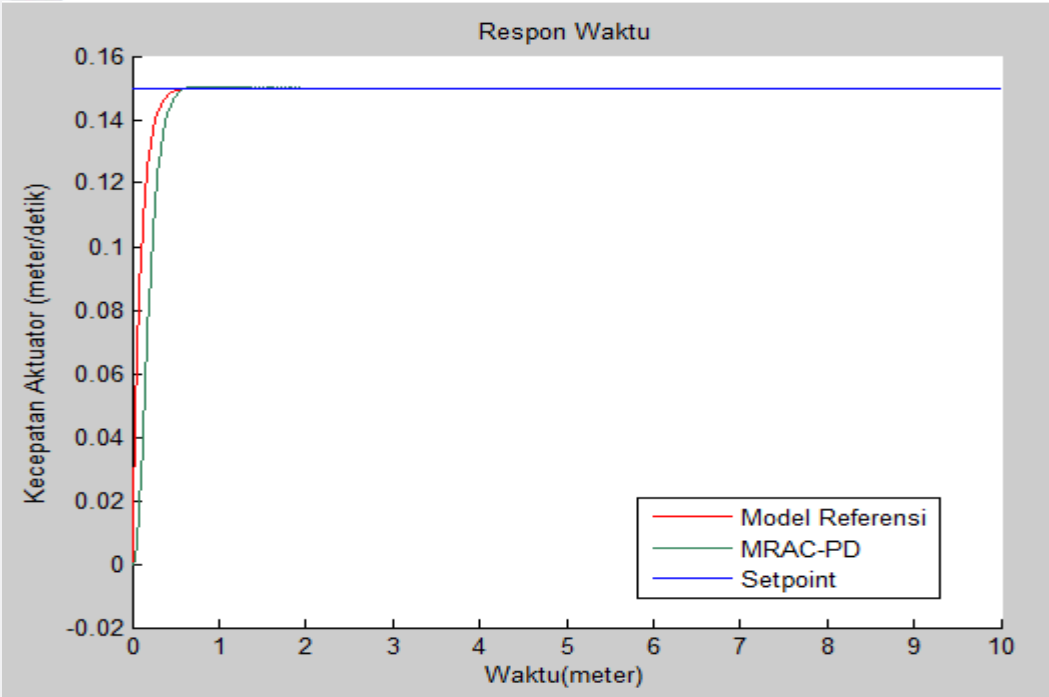


3. Hasil simulasi MRAC-PD dengan nilai $K_p = 5$ dan $K_d = 1,5$

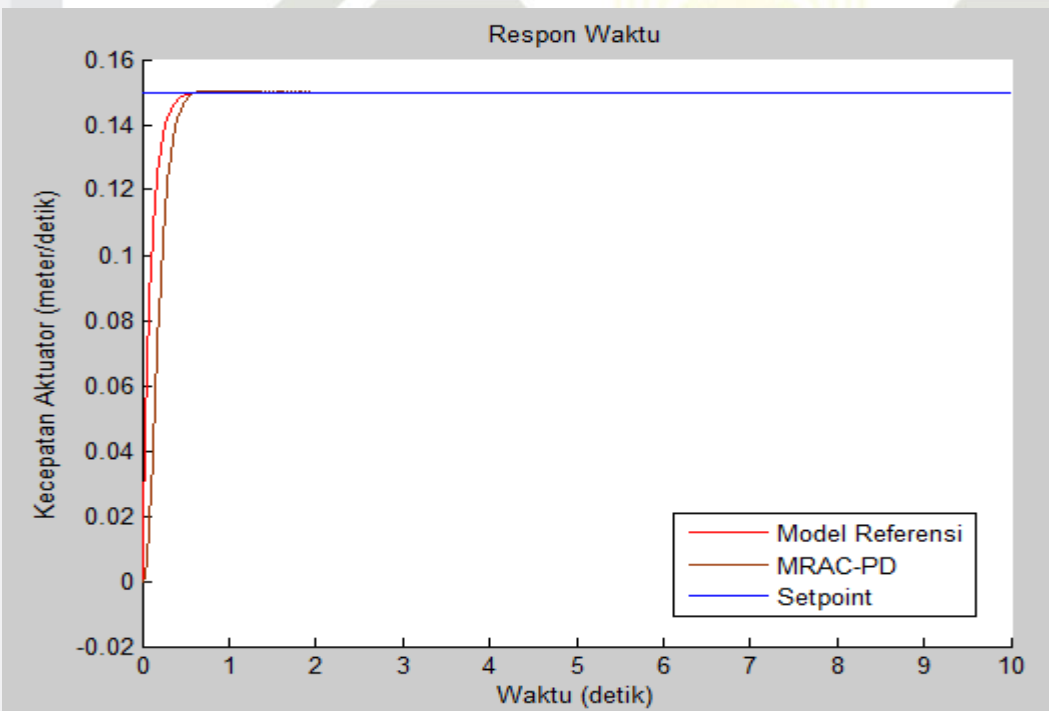
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

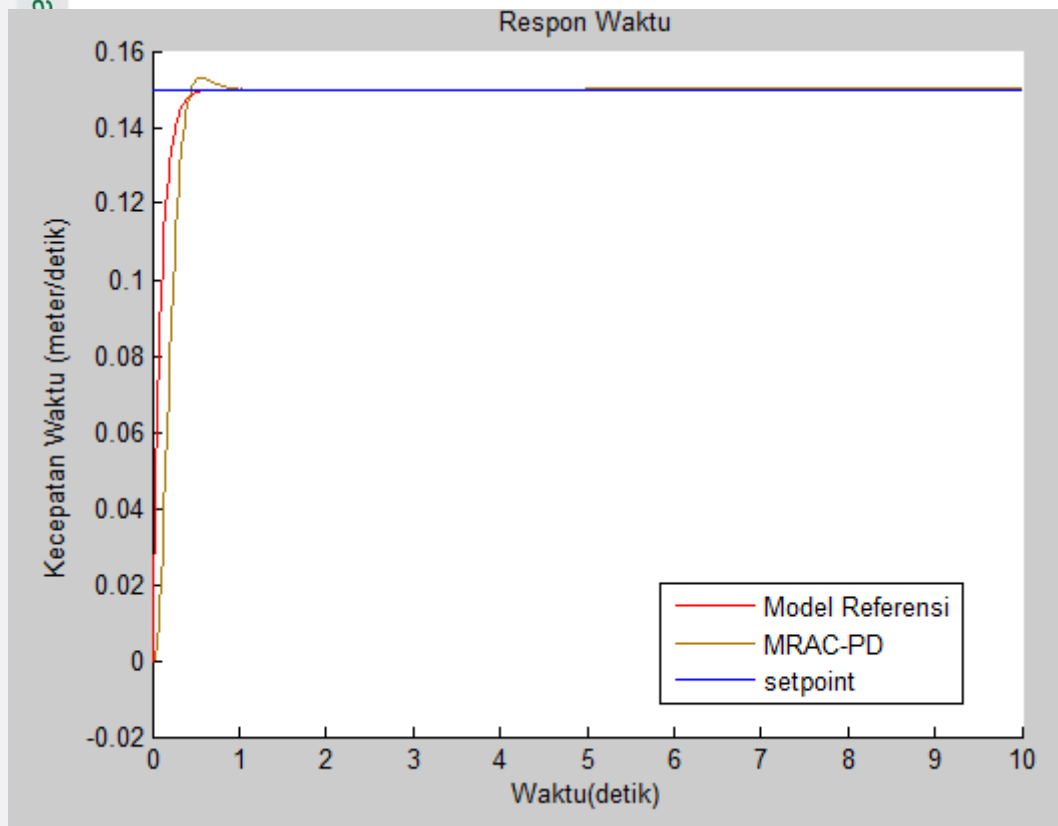


4. Hasil simulasi MRAC-PD dengan nilai $K_p = 5$ dan $K_d = 2$

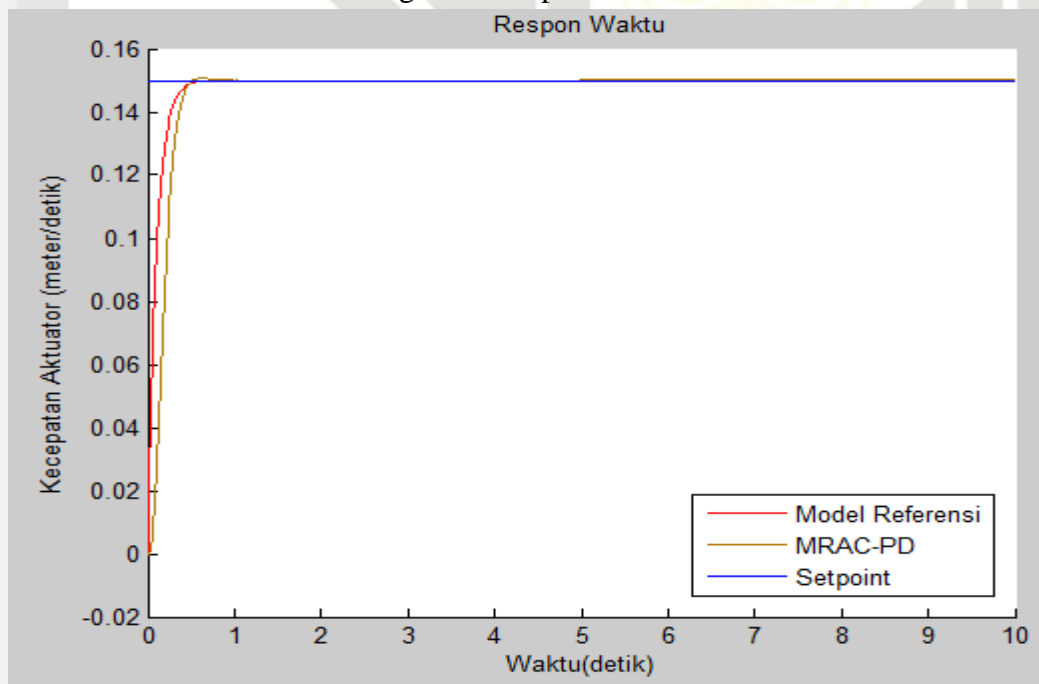


- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hasil simulasi MRAC-PD dengan nilai $K_p = 10$ dan $K_d = 0.5$

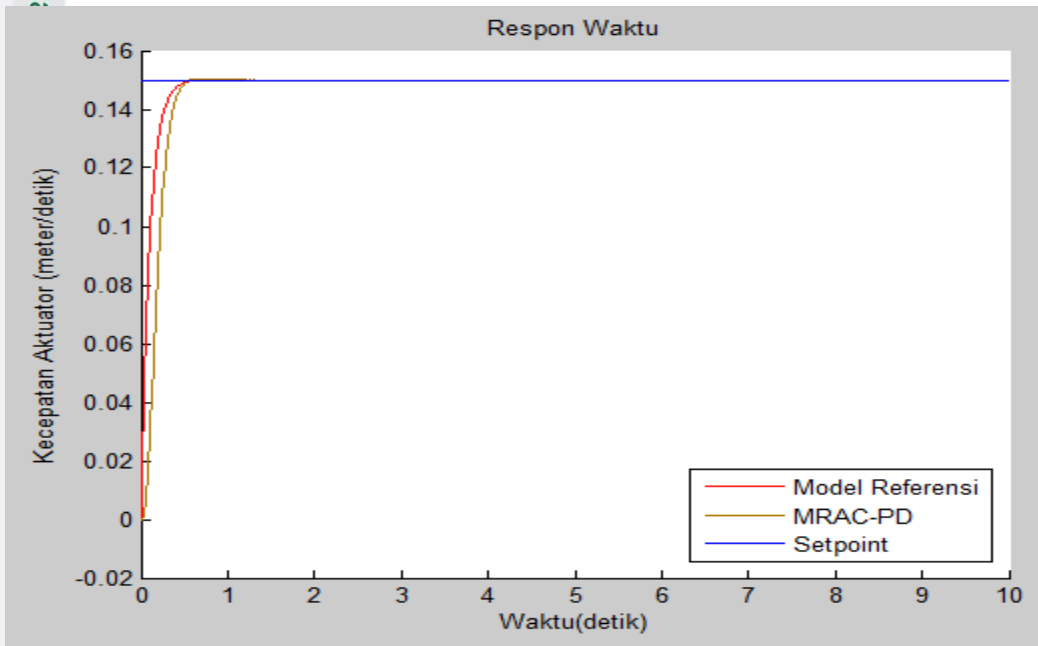


6. Hasil simulasi MRAC-PD dengan nilai $K_p = 10$ dan $K_d = 1$

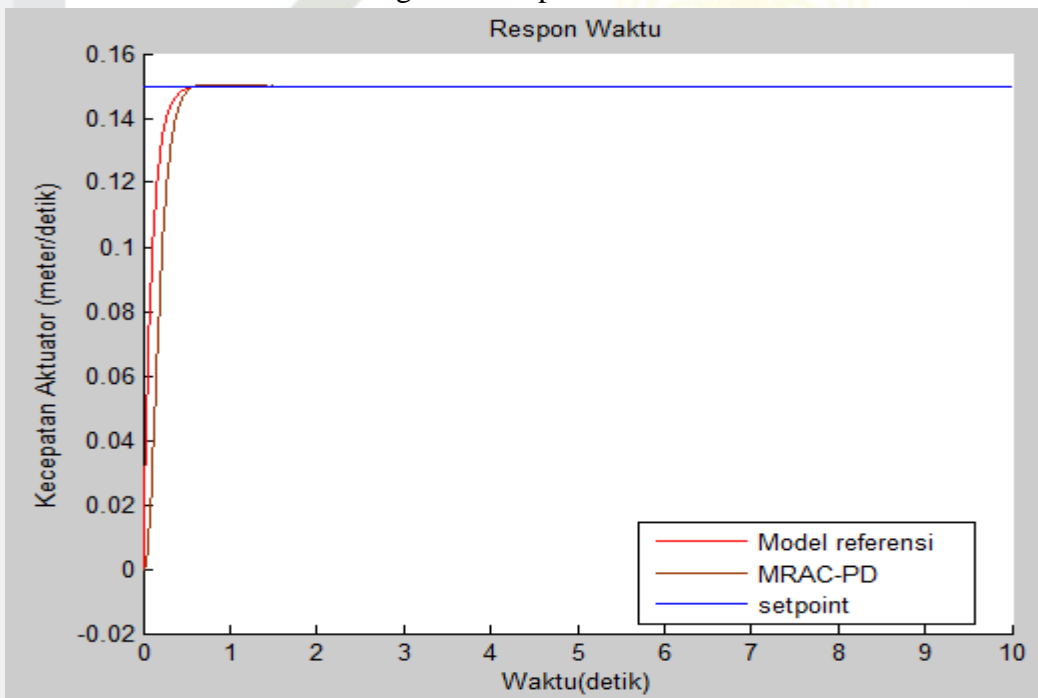


- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hasil simulasi MRAC-PD dengan nilai $K_p = 10$ dan $K_d = 1,5$



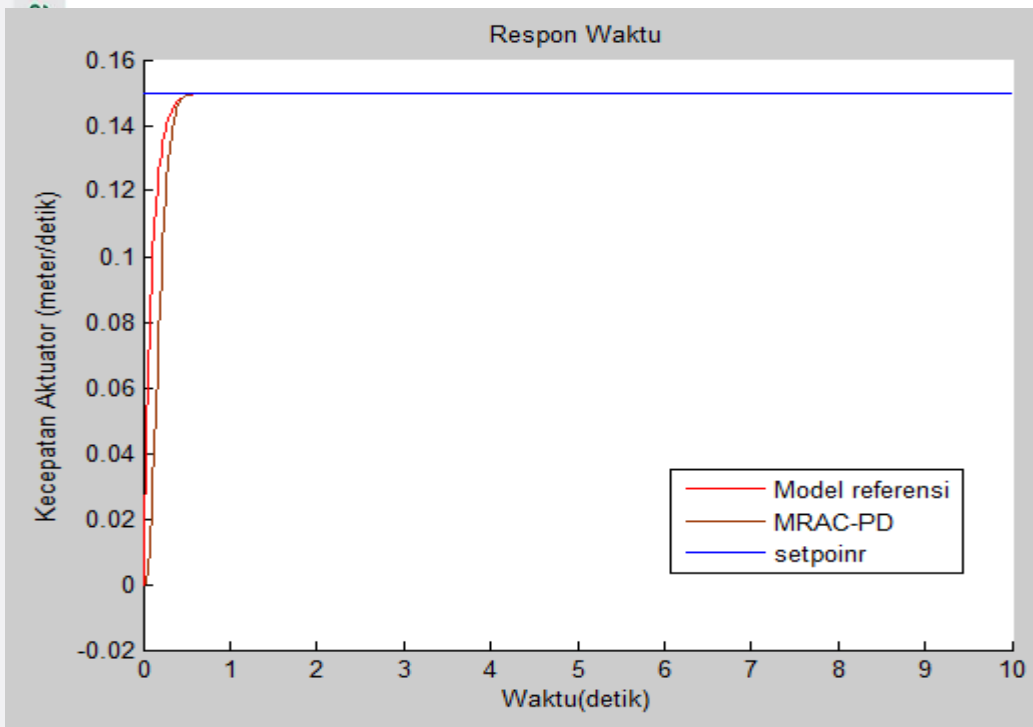
8. Hasil simulasi MRAC-PD dengan nilai $K_p = 10$ dan $K_d = 2$



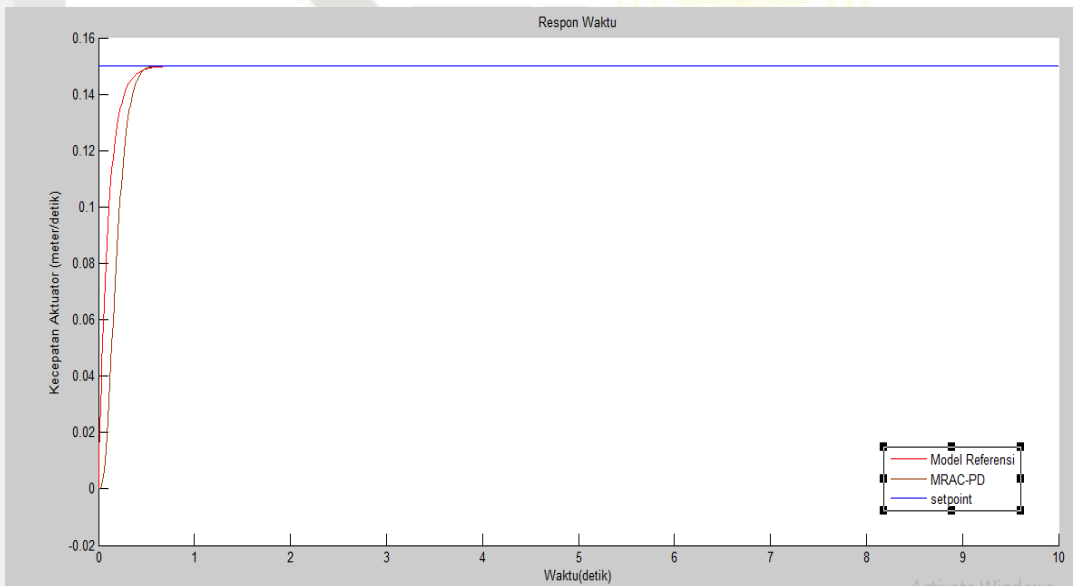
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Pak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Hasil simulasi MRAC-PD dengan nilai $K_p = 15$ dan $K_d = 0,5$



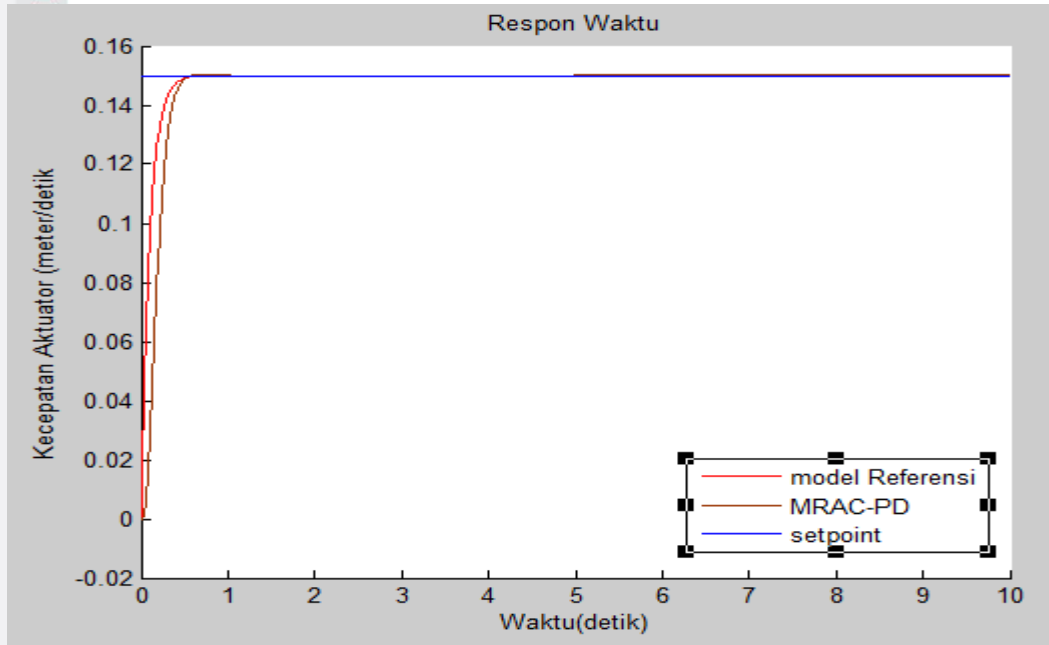
10. Hasil simulasi MRAC-PD dengan nilai $K_p = 15$ dan $K_d = 1$



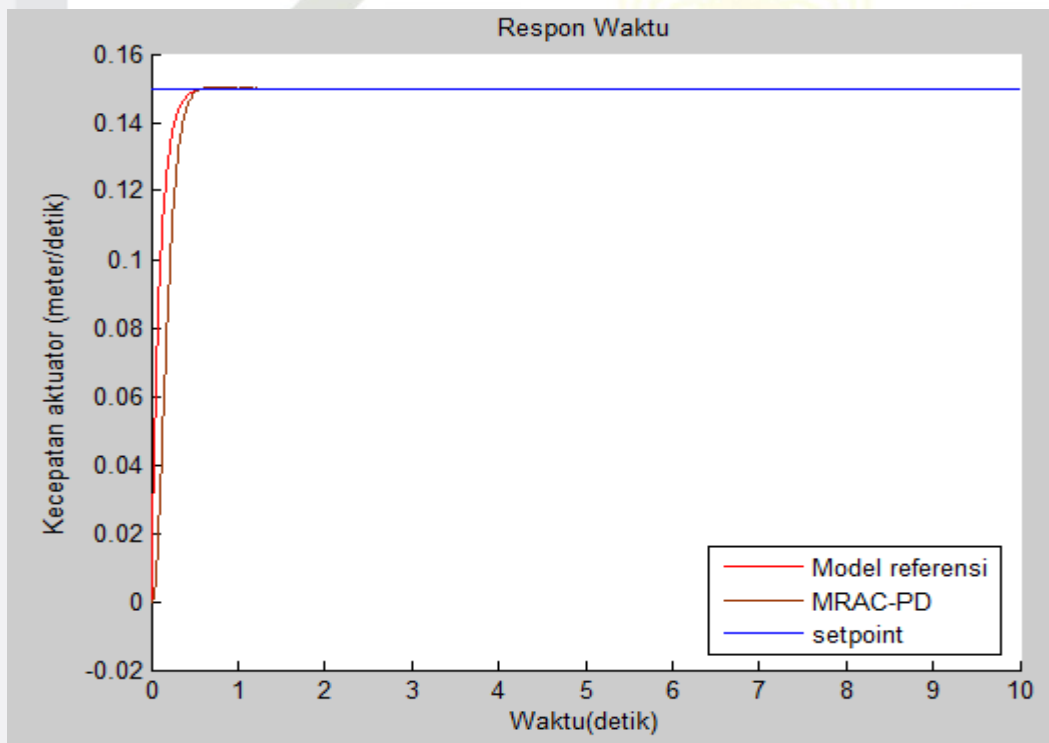
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1. Hasil simulasi MRAC-PD dengan nilai $K_p = 15$ dan $K_d = 1,5$



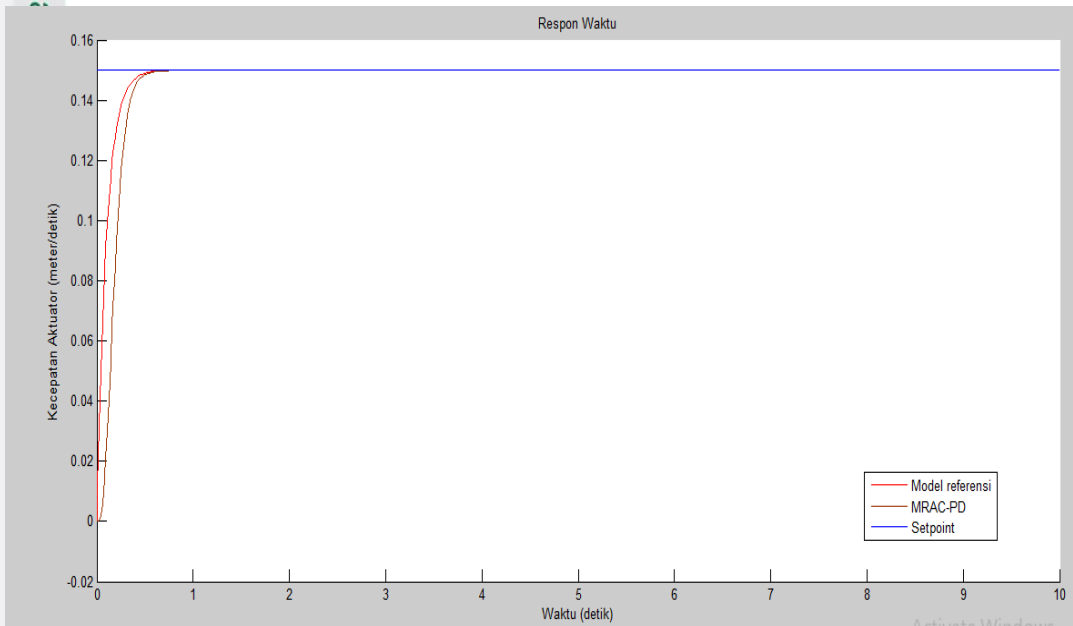
12. Hasil simulasi MRAC-PD dengan nilai $K_p = 15$ dan $K_d = 2$



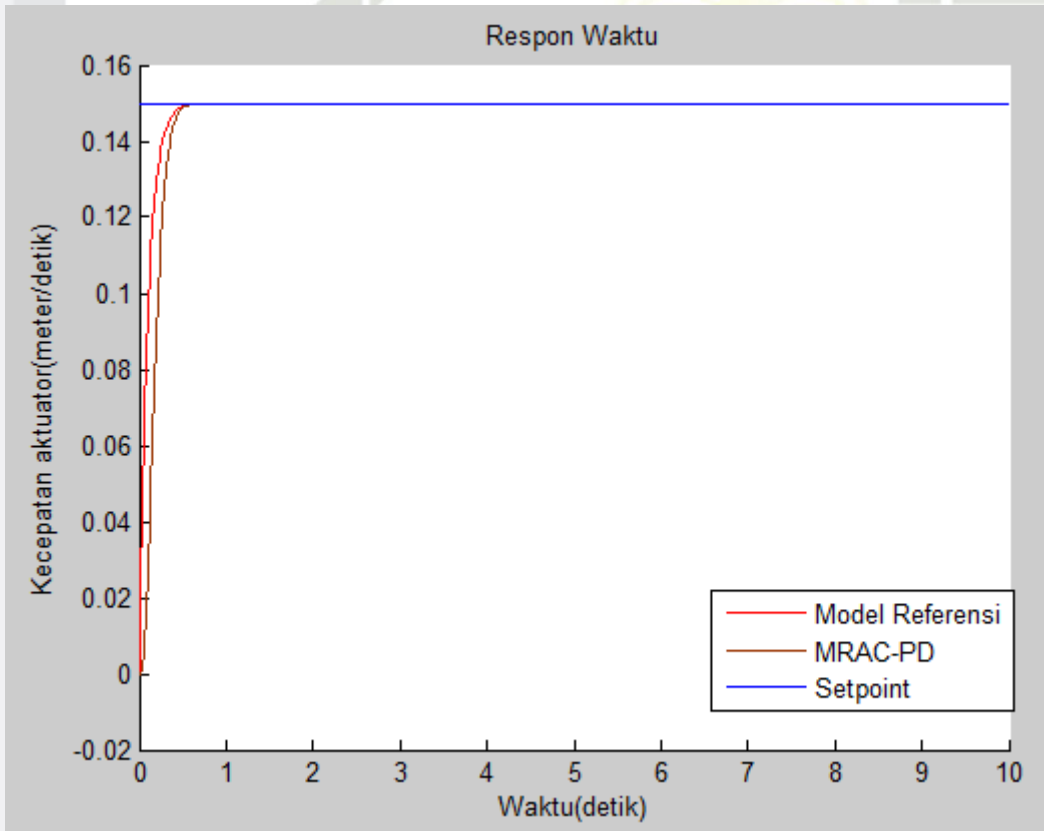
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

3. Hasil simulasi MRAC-PD dengan nilai $K_p = 20$ dan $K_d = 0,5$



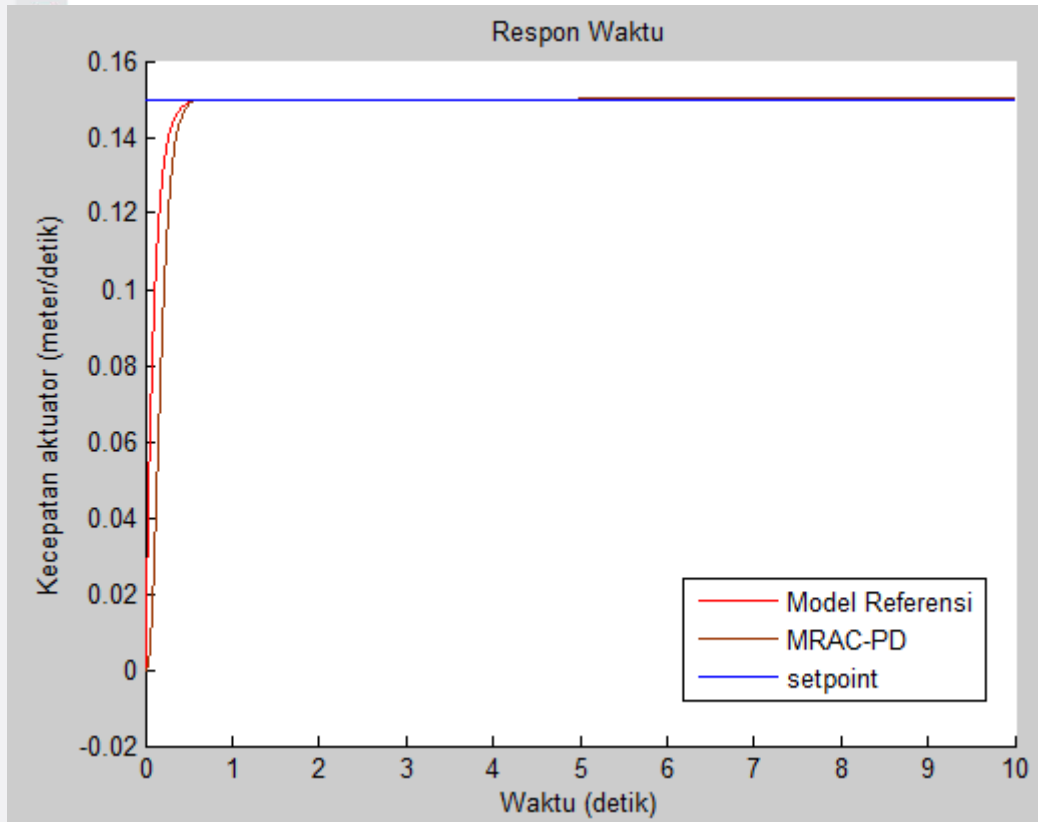
14. Hasil simulasi MRAC-PD dengan nilai $K_p = 20$ dan $K_d = 1$



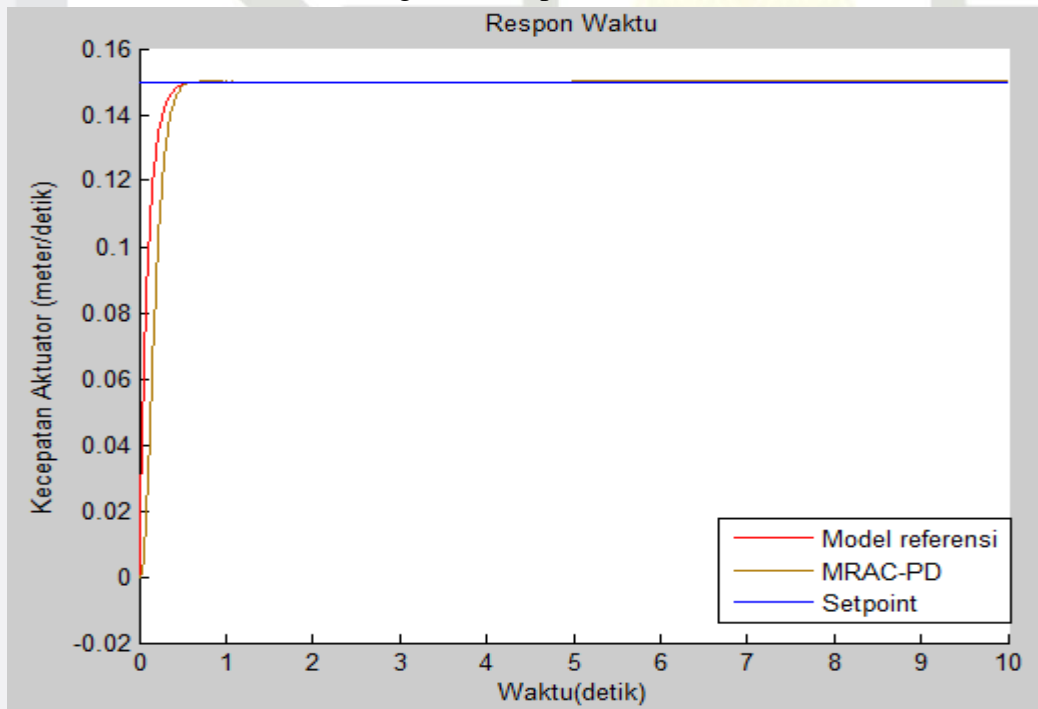
5. Hasil simulasi MRAC-PD dengan nilai $K_p = 20$ dan $K_d = 1,5$

Tak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masa
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



16. Hasil simulasi MRAC-PD dengan nilai $K_p = 20$ dan $K_d = 2$





DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Hariandi, lahir di Rantau Panjang pada tanggal 5 Januari 1995. Merupakan anak ke lima dari lima bersaudara pasangan Fahruji dan Hariati yang beralamat di Tembilahan Jalan H abd Gani Lr Swadaya Murni RT 002 RW 015 Tembilahan kota kab Indragiri Hilir Provinsi Riau.

Email : hariandi457@gmail.com

Hp : 085376636276



Riwayat pendidikan yang pernah di tempuh adalah SD 022 Rantau panjang pada tahun 2000-2006 setelah menamatkan sekolah dasar penulis melanjutkan sekolah di MTs.N 094 Tembilahan pada tahun 2006-2009 dan SMAN 1 Tembilahan Hulu pada tahun 2009-2012. Setelah tamat jenjang SMA penulis bekerja selama setahun kemudian pada tahun 2013 penulis melanjutkan pendidikan di perguruan tinggi di Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau, Fakultas Sains dan Teknologi, Program Studi Teknik Elektro. Penulis menyelesaikan pendidikan di Program Studi pada tahun 2021 dengan penelitian tugas Akhir berjudul **“PERANCANGAN PENGENDALI MRAC-PD UNTUK PENGENDALIAN KECEPATAN GERAK AKTUATOR HIDROLIK MESIN PRES PADA PROSES DEEP DRAWING”**

PADA

PROSES

DEEP

DRAWING”



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi dan analisa yang dilakukan pada kecepatan gerak aktuator hidrolik dapat disimpulkan bahwa menggunakan pengendali MRAC-PD berhasil meminimalkan *settling time* 0.6222 detik dan *rise time* 0,225 detik. Hasil baik dan memenuhi dengan tujuan penelitian. Nilai *gamma* untuk MRAC = -750 dan $K_p = 20$ dan $K_d = 1$. Sistem mampu kembali ke kecepatan *setpoint* dan ketika ditambah gangguan dengan *settling time* sebesar 0.0048 detik

2 Saran

Dengan menggunakan pengendali MRAC-PD. Peneliti menyarankan agar penelitian selanjutnya menggunakan PD *gain scheduling*, agar cepat mendapatkan nilai PD yang sesuai tanpa harus pakai penalaan. Pada penelitian berikutnya dapat digunakan pengendali *fuzzy adaptif* dan *fuzzy gain scheduling*



DAFTAR PUSTAKA

- [1] I Sumarwijaya.,” Analisis Sistem Kontrol *Servo* Hidrolik Pada Mesin Semi Solid Metal Forging Rancangan n BPPT-MEPP0” Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Bengkulu, 2014.
- [2] R Adhiharto, E patriatna, M i Fauzan., “Studi Perancangan Mesin Press Hidrolik dengan Metode VDI 2222”. Seminar Nasional Teknologi dan Rekayasa, 2018
- [3] M. Kabib, I.M.L. Batan, B. Pramujati dan A.G. Pramono “Analisa Pemodelan dan Simulasi Gerak Aktuator Punch pada Mesin Pres untuk Proses Deep Drawing” Proceeding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XIV, 7-8 Oktober 2015
- [4] DiStefano, Joseph., Stubberud, Allen., Williams, Ivan., “Schaum’s Outline of Feedback and Control Systems”, 2nd Edition, McGraw-Hill, 2011.
- [5] M. Saad, A. Albagul, and Y. Abueejela., “*Performance Comparison between PI and MRAC for Coupled-Tank System*” *Journal of Automation and Control Engineering* Vol. 2, No. 3, September 2014
- [6] Halim.M ”*model reference Adaptif Contro-Proportional Derivarive(MRAC-PD)* untuk kendali Kelembapan dan Temperatur pada Sistem Pendingin Jamur Merang” Jurnal NOVEK SERI ELEKTRO, VOL 2, 1 April 2020
- [7] Wenyu Z dkk “*Desain Of Attitude Control System For UAV Based On Feedback Linearization and Adaptive Control*” *Hindawi Publishing corporation Mathematical Problem In Engineering*, Volume 2014
- [8] Rismawan,F, Setiawan,i. Wahyudi “Aplikasi kendali pada Sistem Pengaturan Temperatur Cairan dengan Tipologi Kendali *Model Referensi Adaptive Controler(MRAC)*”
- [9] Sudewo,T. dkk “disain dan Implementasi Kontrol PID *Model Reference Adaptive Control* untuk *Autimatic safe landing* pada pesawat UAV *Quadcopter*” Jurnal Ternik ITS Vol.1, 2012
- [10] Jakfar, S. “Desain Kendali MRAC-PD pada Pengendalian Level untuk Sistem *Continuous Stirred Tank Reactor*” 2019



[11] Aryoseto, J “Pembuatan Alat Peraga Hidrolik” 2010

[12] I. Jakoubek “Experimental Identification of Stable Nonoscillatory Systems on Step Responses by Selected Methods”, 2009

[13] Ogata, K. “Teknik Kontrol Automatik, Erlangga, Jilid 1, Erlangga, Jakarta, 1995

[14] K.J. Astrom and B. Wittenmark, “*Adaptive control*”, 2nd ed., Dover Publications, New York, 1995

[15] I. Setiawan. “Kontrol PID untuk Proses Industri” Jakarta, Elex Media Komputindo, 2008

[16] Waloyo, Fitriansyah, A. Syahril “Analisis Penalaan Kontrol PID pada Simulasi Kendali Kecepatan Putaran Motor DC Berbeban menggunakan Metode Heuristik” *Ikomika: Jurnal Teknik Elektro*, Institut Teknologi Nasional (ITENAS) Bandung. Vol.1 No.2, 2013

[17] Harna, P.C. “*A textbook of Production Engineering*” New Dehli, 2002

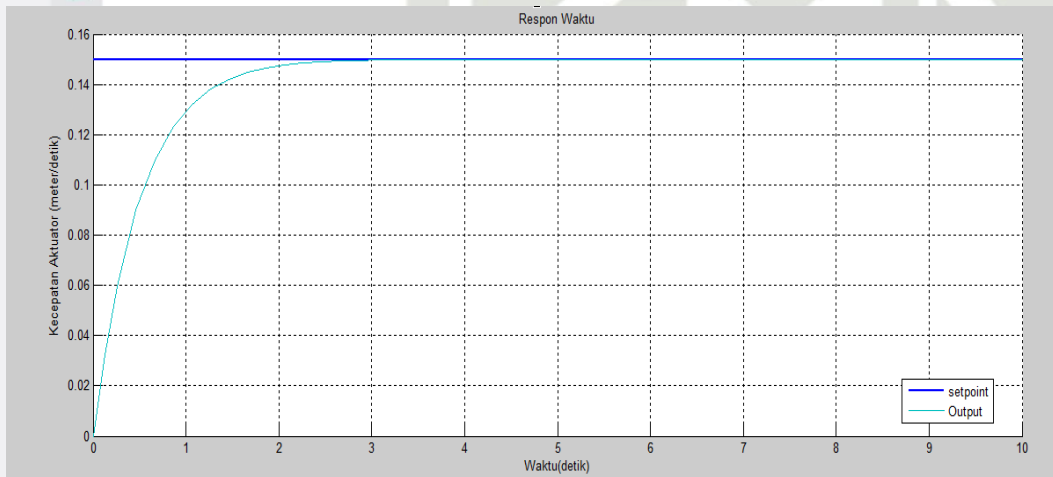
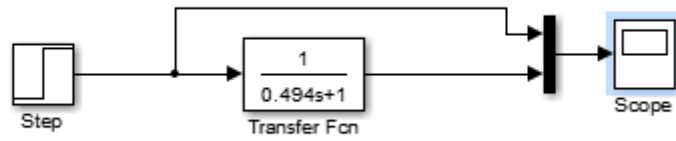
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
2. Dilarang mengutip atau menyalin sebagian atau seluruh isi karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



LAMPIRAN A

Blok Diagram dan Respon Keluaran

Blok diagram secara *open loop* dan respon keluaran



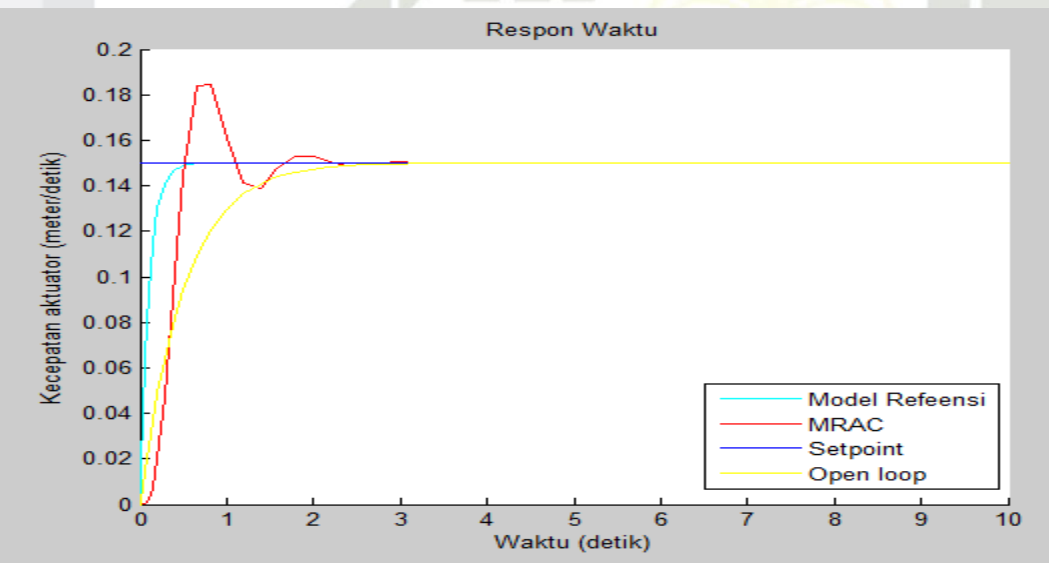
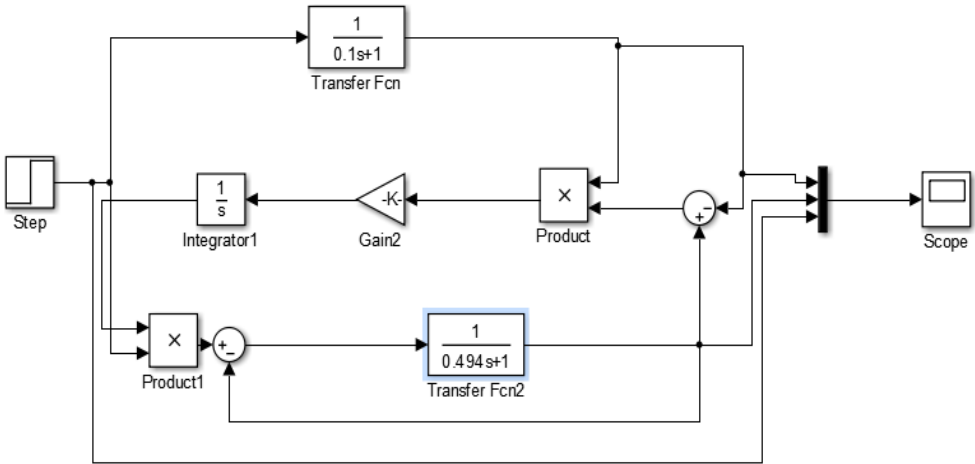
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

ite Islamic University of Sultan Syarif Kasim

Blok Diagram Menggunakan Pengendali MRAC dan Respon Keluaran

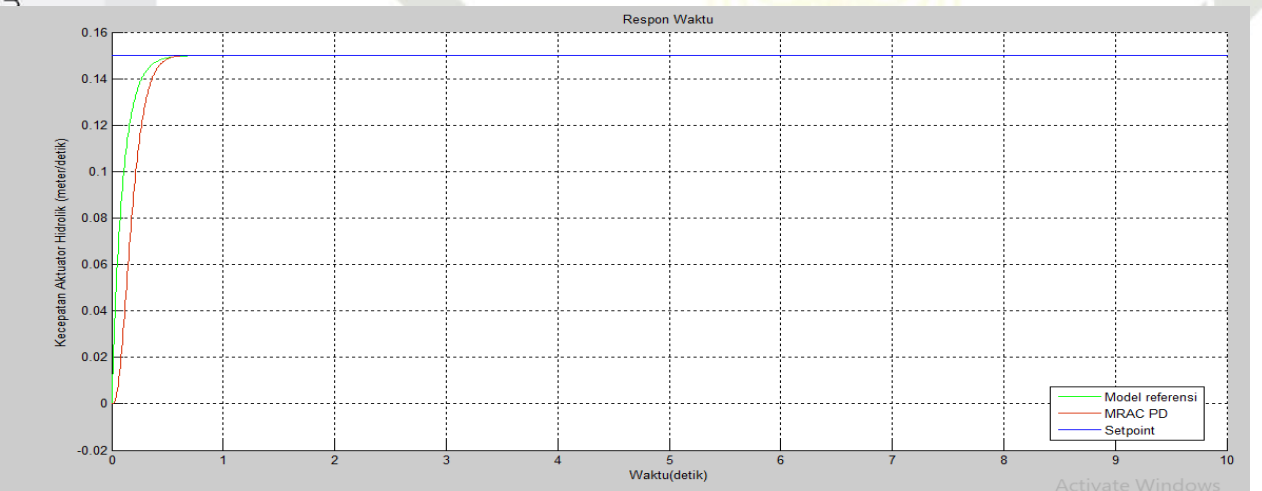
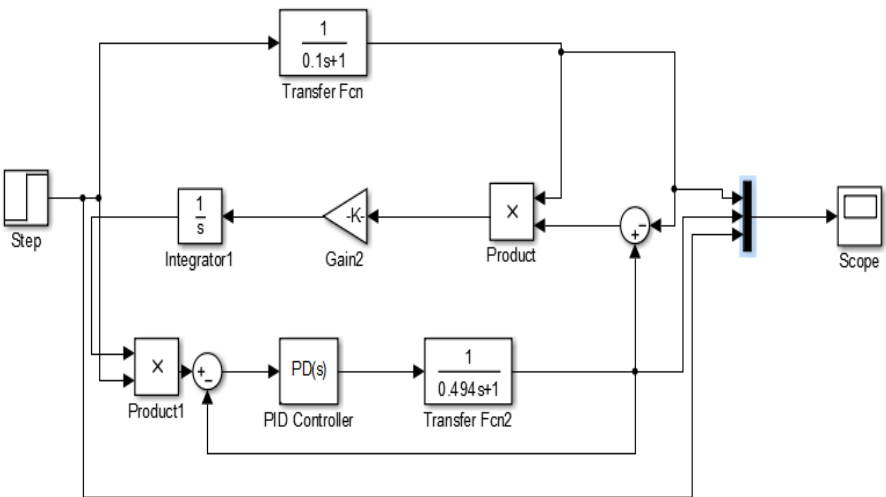


- HAK Cipta Dilindungi Undang-Undang**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dimindungi Undang-Undang

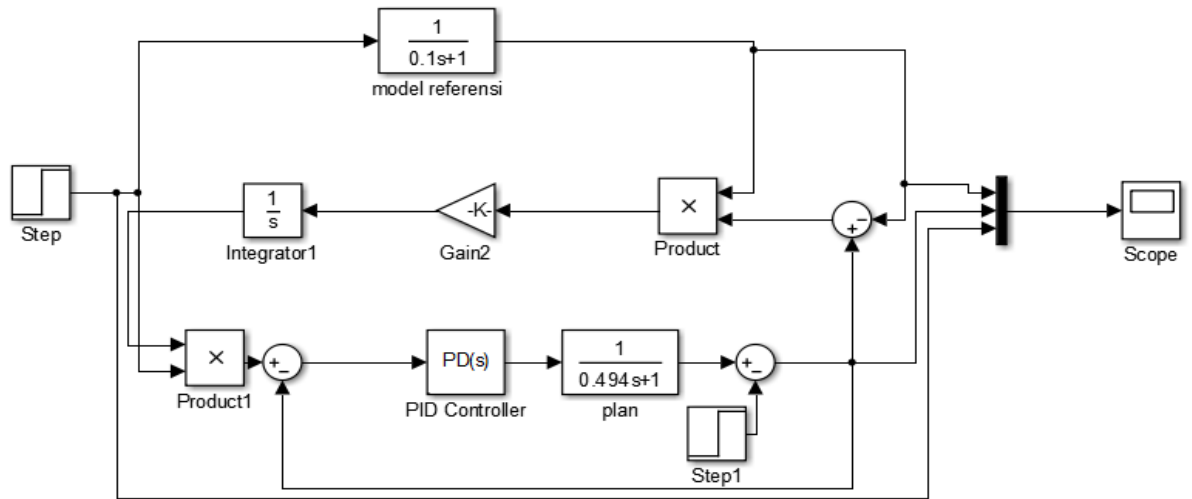
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantur
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masa
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Blok Diagram Pengendali MRAC-PD dan Respon Keluaran

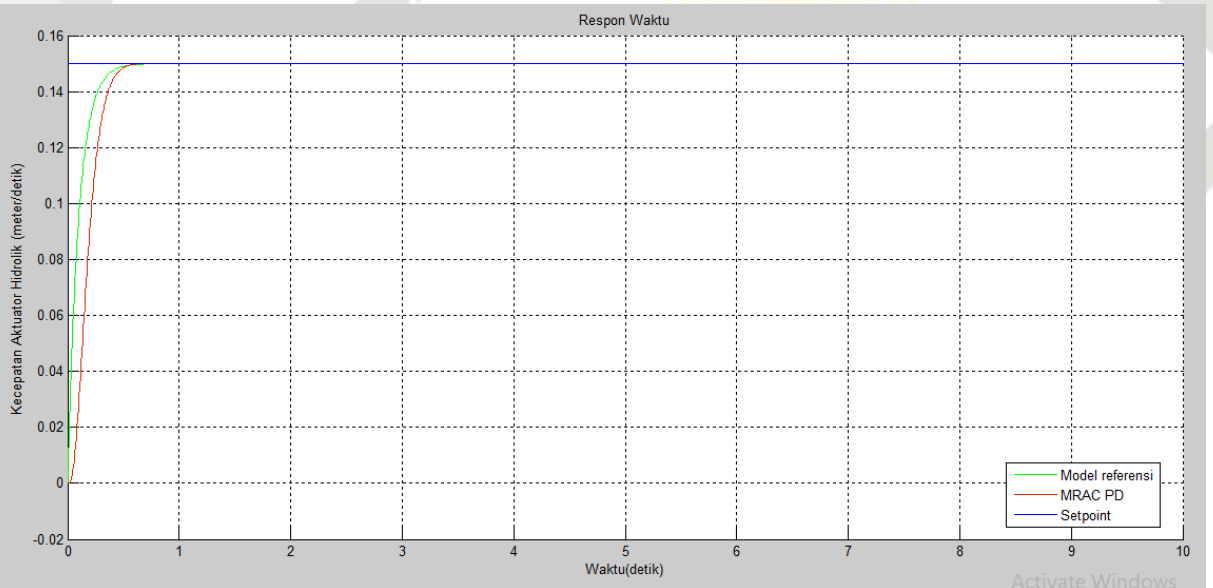




4. Blok diagram pengendali MRAC-PD dengan gangguan dan respon Keluaran



a tulis ini tang



1. Dila
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masa

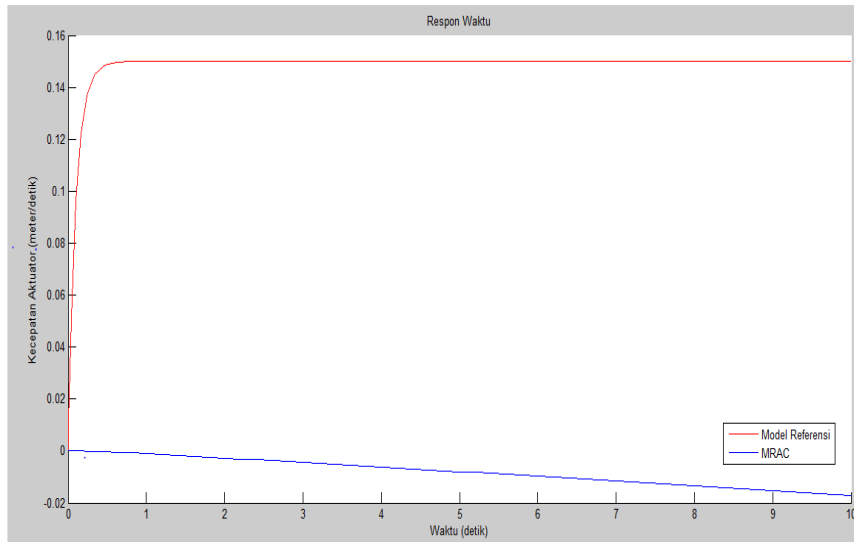
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.



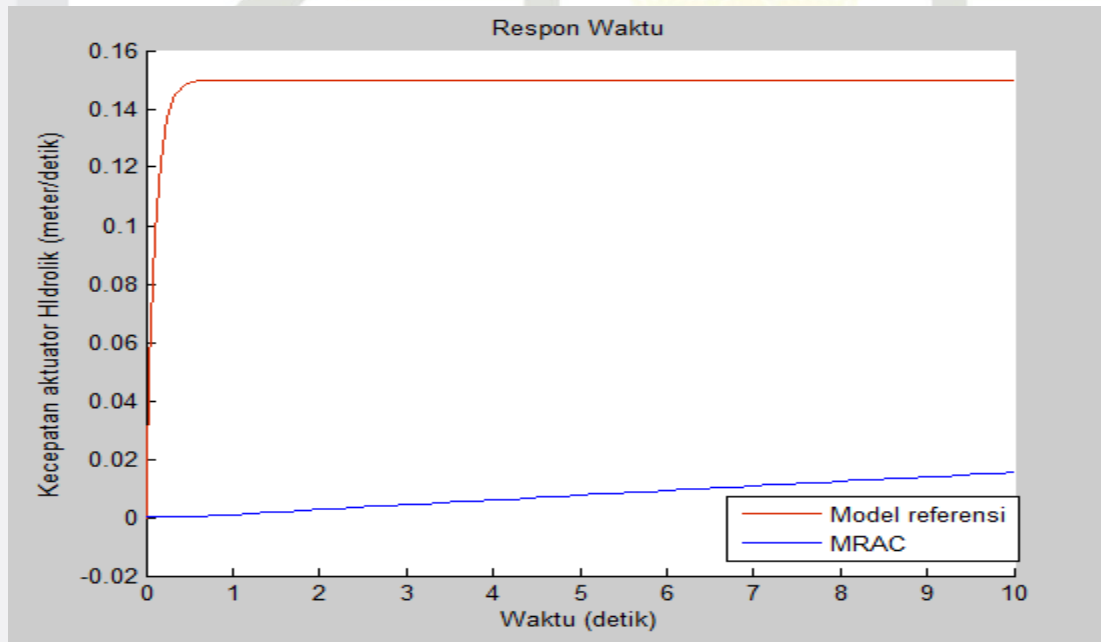
LAMPIRAN B

Proses *Tuning* Nilai Gamma(γ) pada Pengendali MRAC dengan *Trial and Error*

Hasil simulasi MRAC dengan Nilai $\gamma = 1$



2. Hasil simulasi MRAC dengan Nilai $\gamma = -1$



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

© Hak cipta

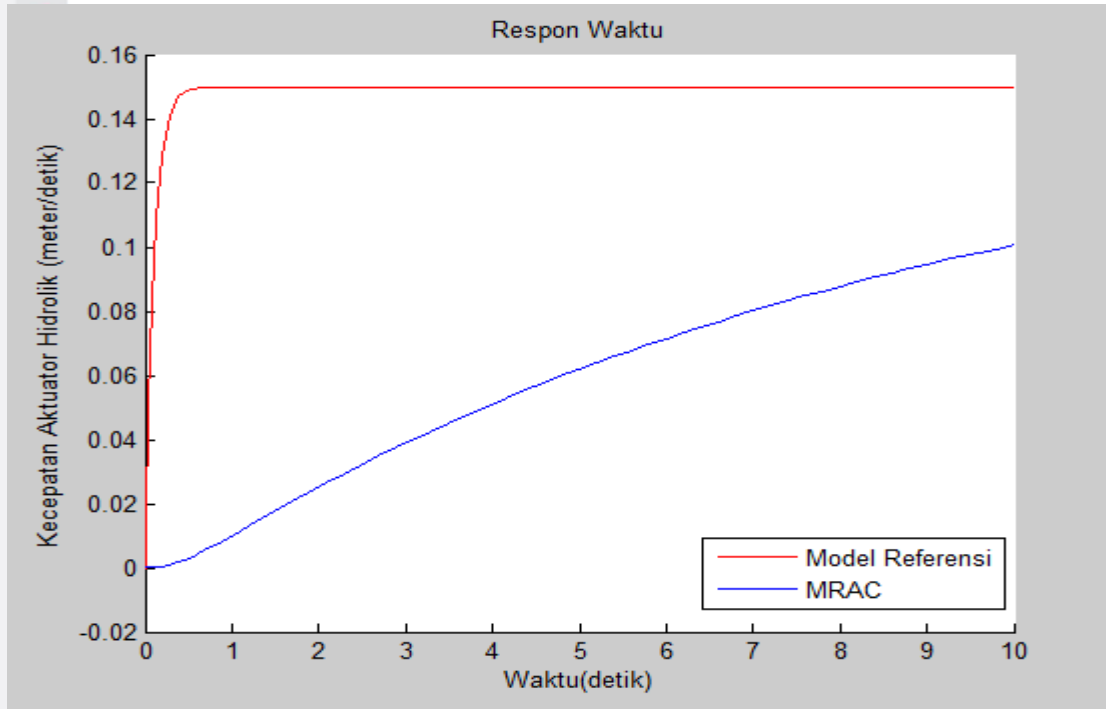
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

ty of Sultan Syarif Kasim

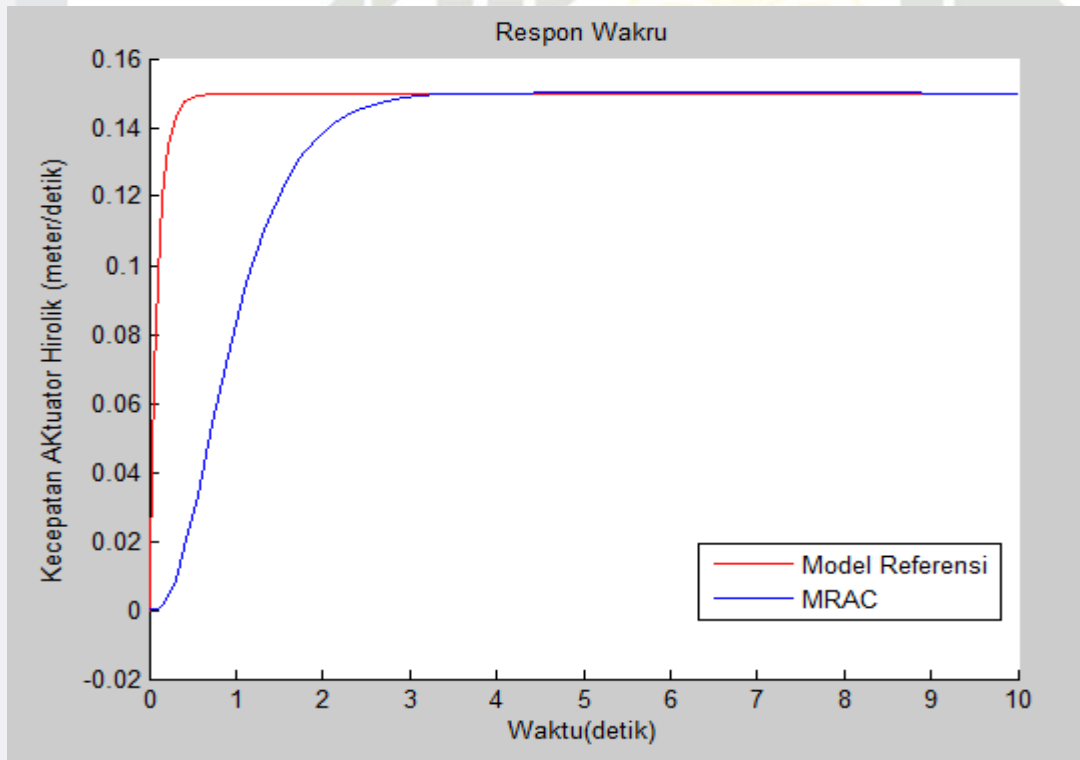
3. Hasil Simulasi Dengan Nilai $\gamma = -10$

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



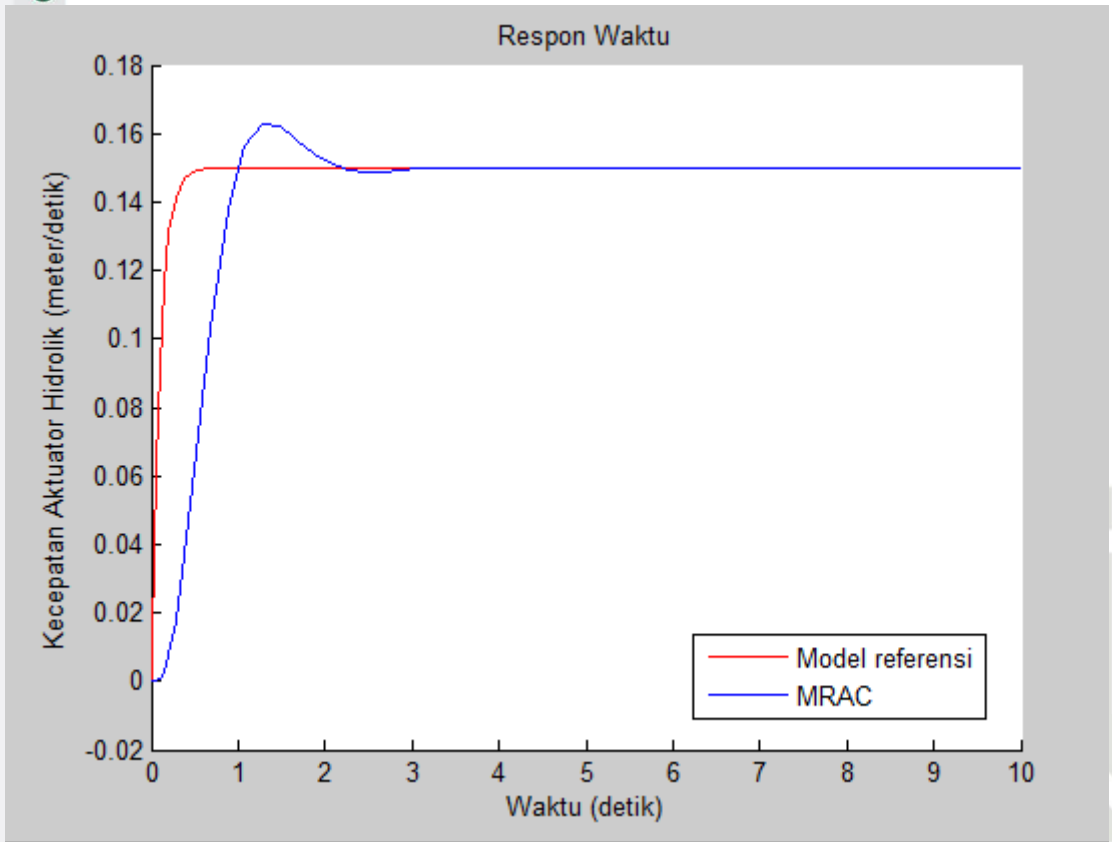
4. Hasil Simulasi Nilai $\gamma = -100$



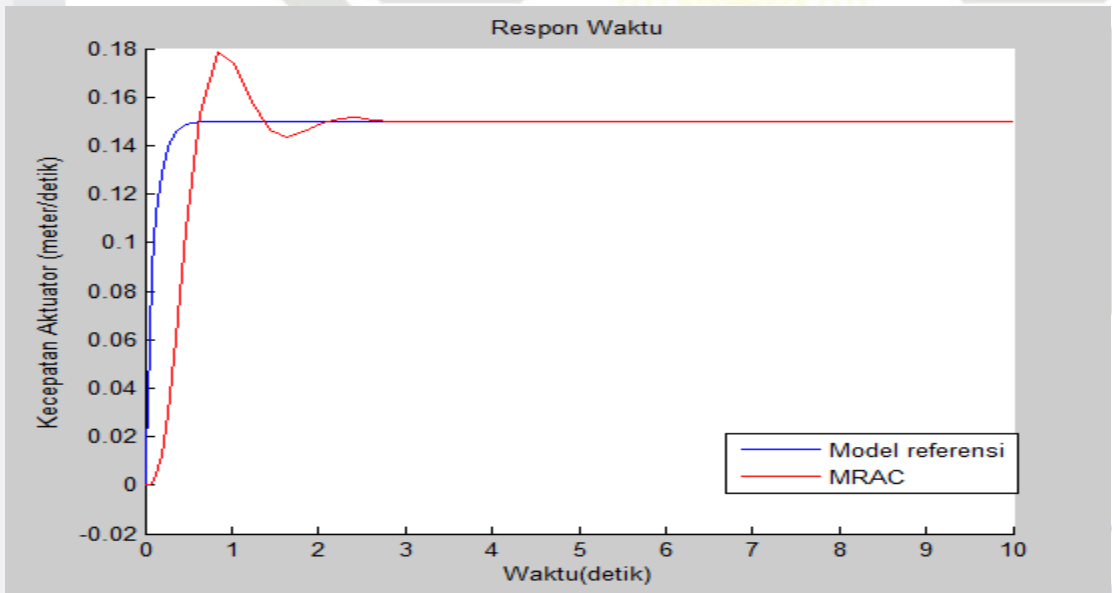
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

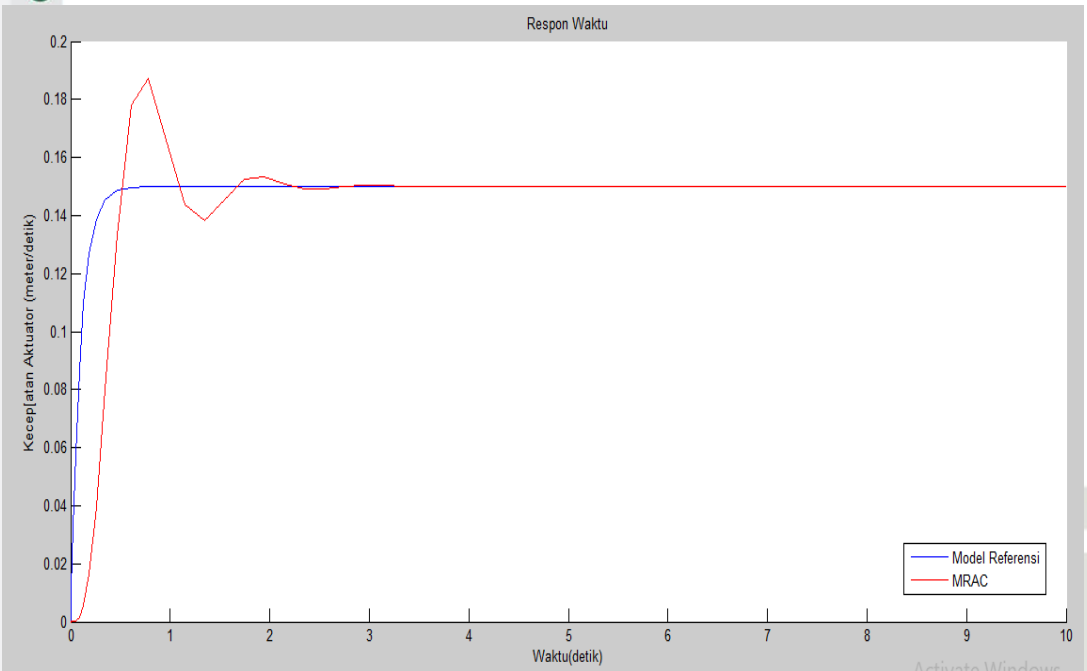
Hasil Simulasi Nilai $\gamma = -250$



6. Hasil Simulasi Nilai $\gamma = -500$



Hasil Simulasi Nilai $\gamma = -750$



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

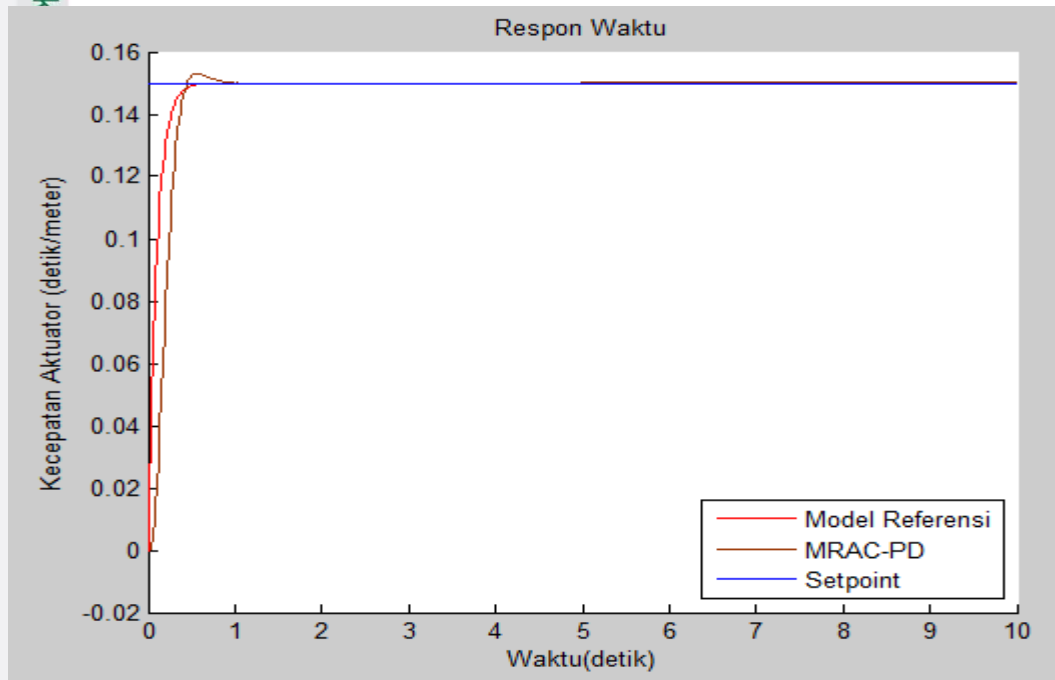
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



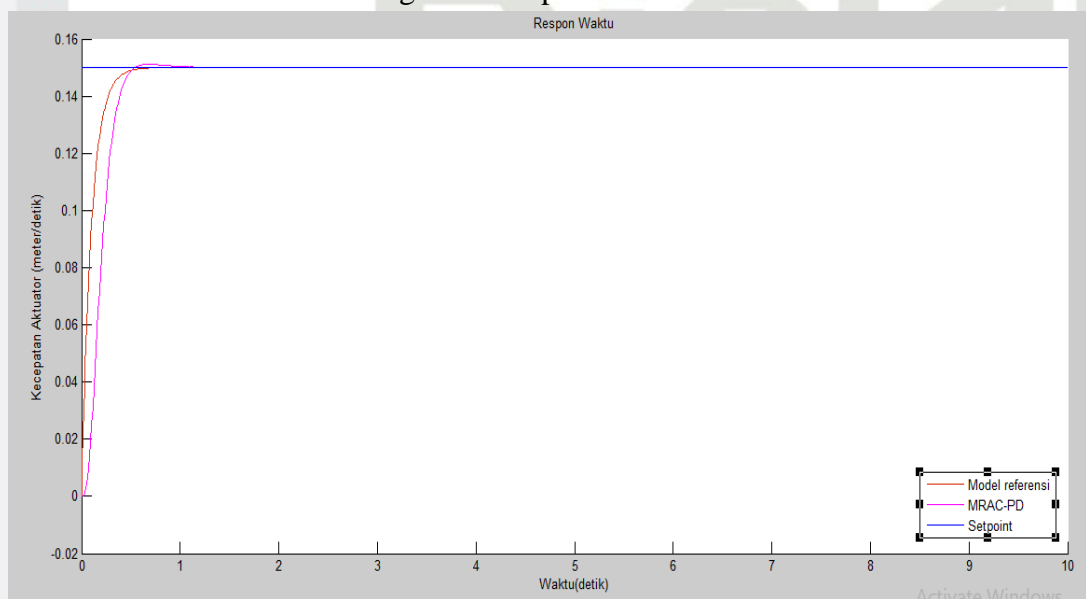
LAMPIRAN C

Proses Penalaan Parameter PD dengan Metode Heuristik dengan Kombinasi Pengendali MRAC

1. Hasil simulasi MRAC-PD dengan nilai $K_p = 5$ dan $K_d = 0,5$



2. Hasil simulasi MRAC-PD dengan nilai $K_p = 5$ dan $K_d = 1$

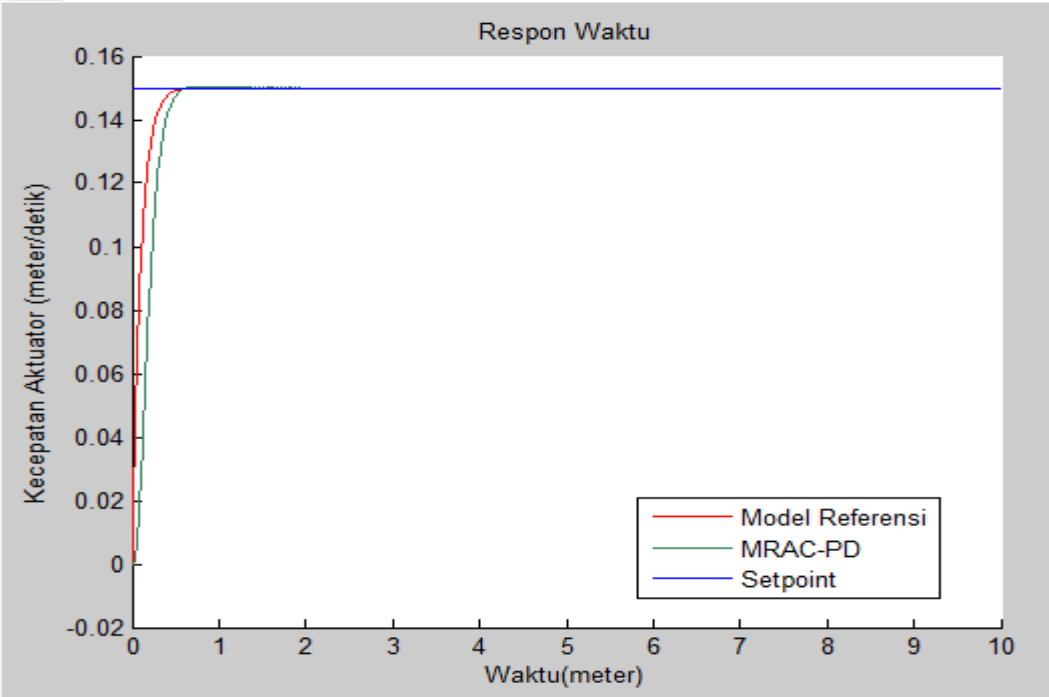


3. Hasil simulasi MRAC-PD dengan nilai $K_p = 5$ dan $K_d = 1,5$

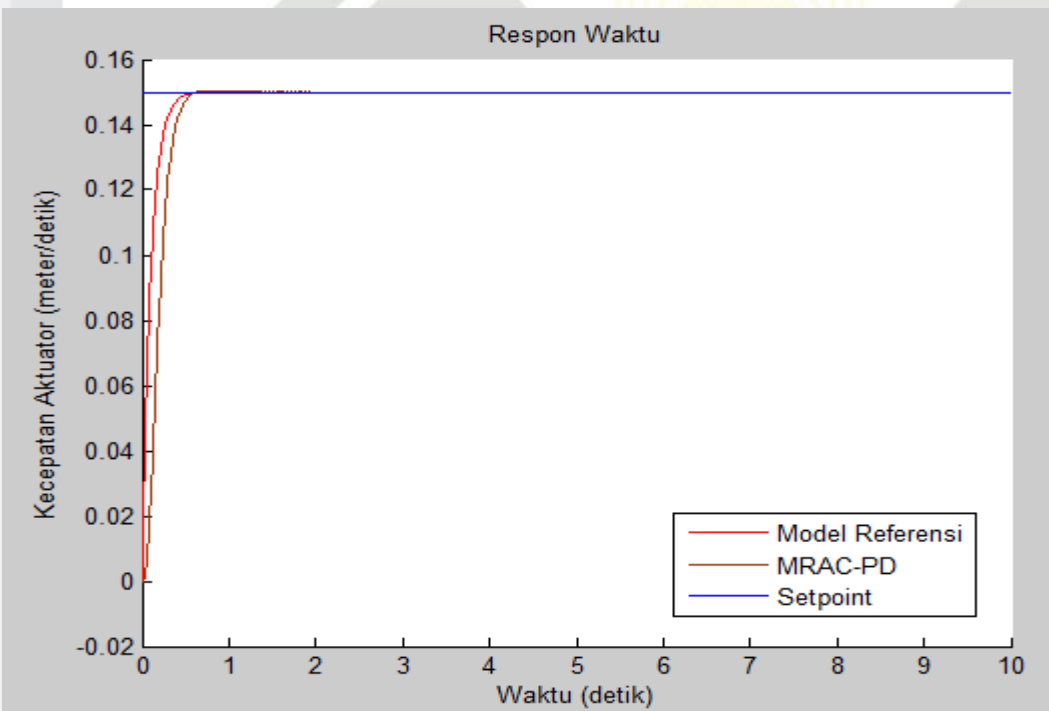
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

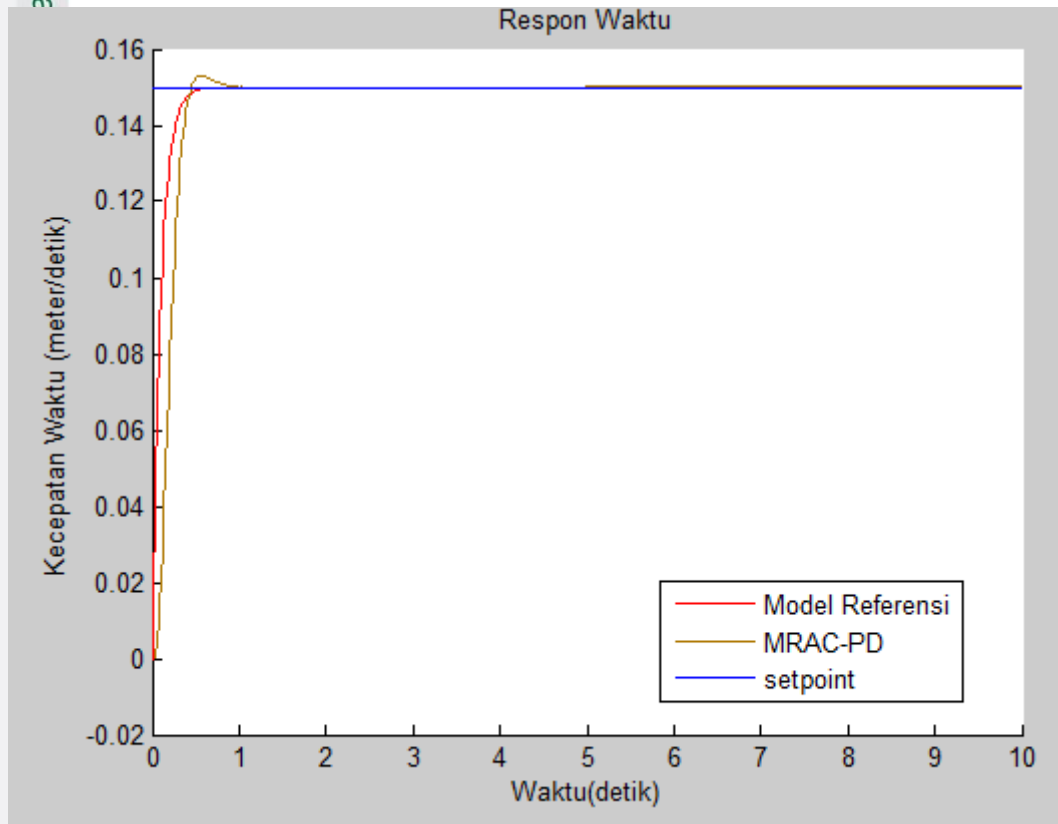


4. Hasil simulasi MRAC-PD dengan nilai $K_p = 5$ dan $K_d = 2$

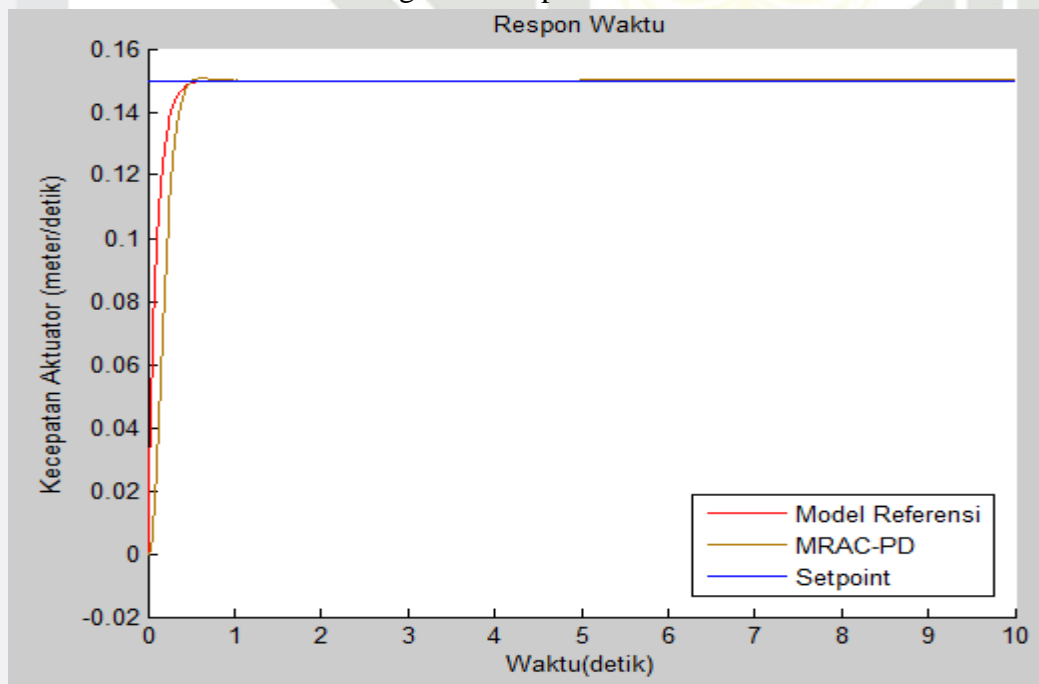


- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hasil simulasi MRAC-PD dengan nilai $K_p = 10$ dan $K_d = 0.5$

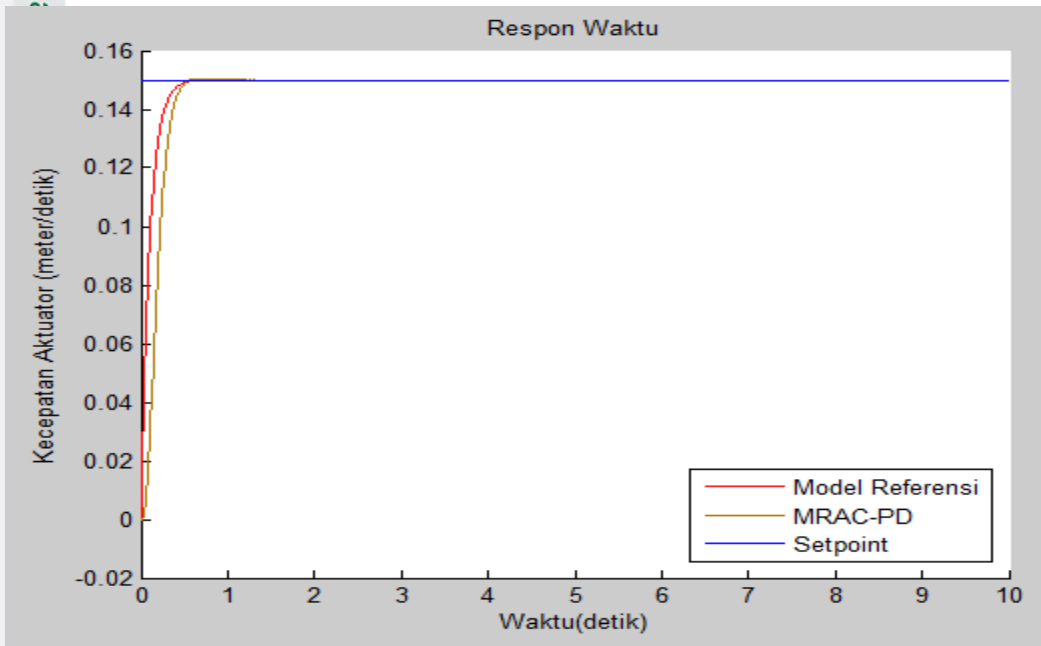


6. Hasil simulasi MRAC-PD dengan nilai $K_p = 10$ dan $K_d = 1$

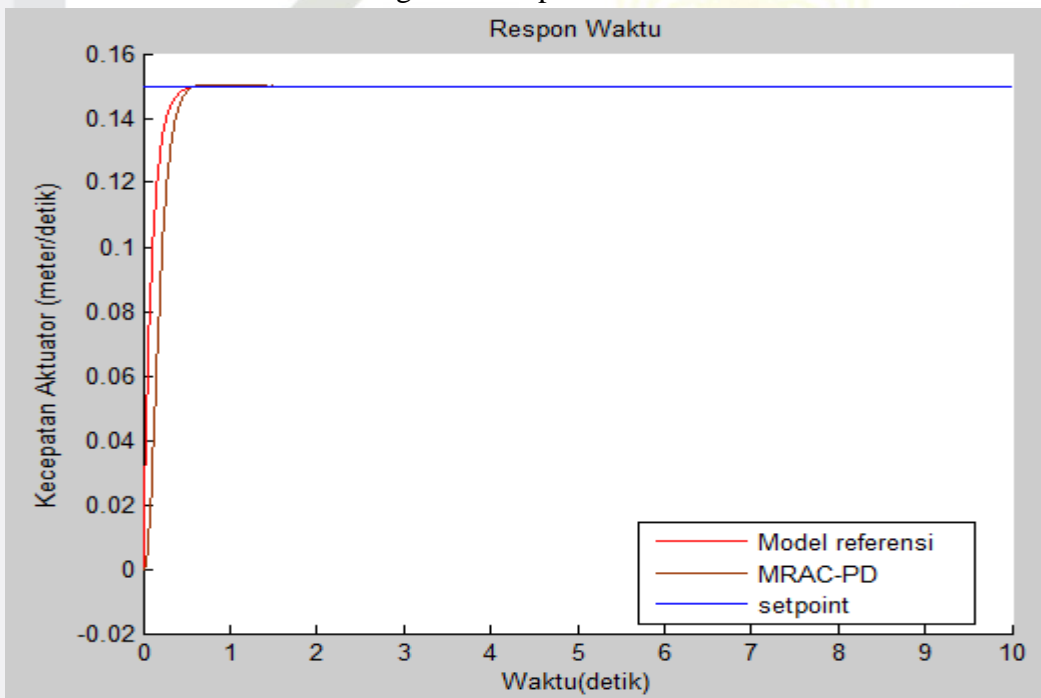


- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hasil simulasi MRAC-PD dengan nilai $K_p = 10$ dan $K_d = 1,5$



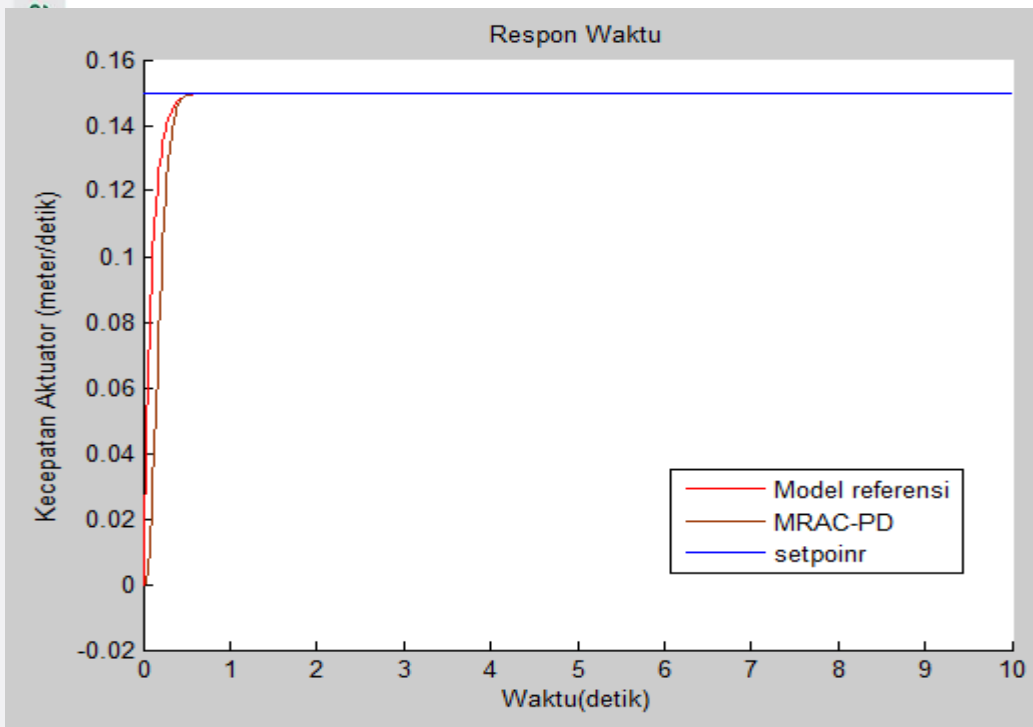
8. Hasil simulasi MRAC-PD dengan nilai $K_p = 10$ dan $K_d = 2$



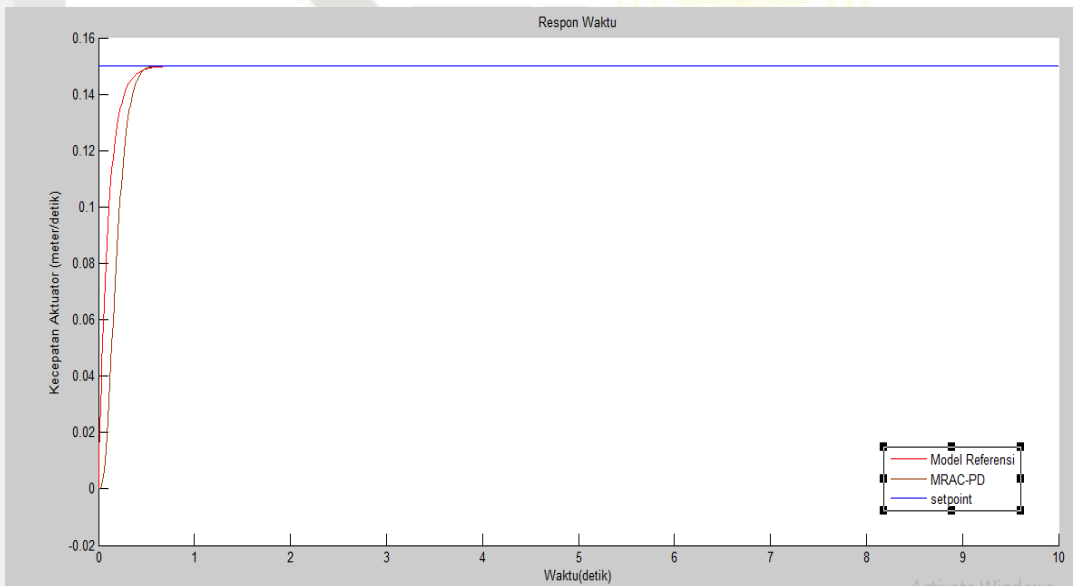
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Pak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Hasil simulasi MRAC-PD dengan nilai $K_p = 15$ dan $K_d = 0,5$



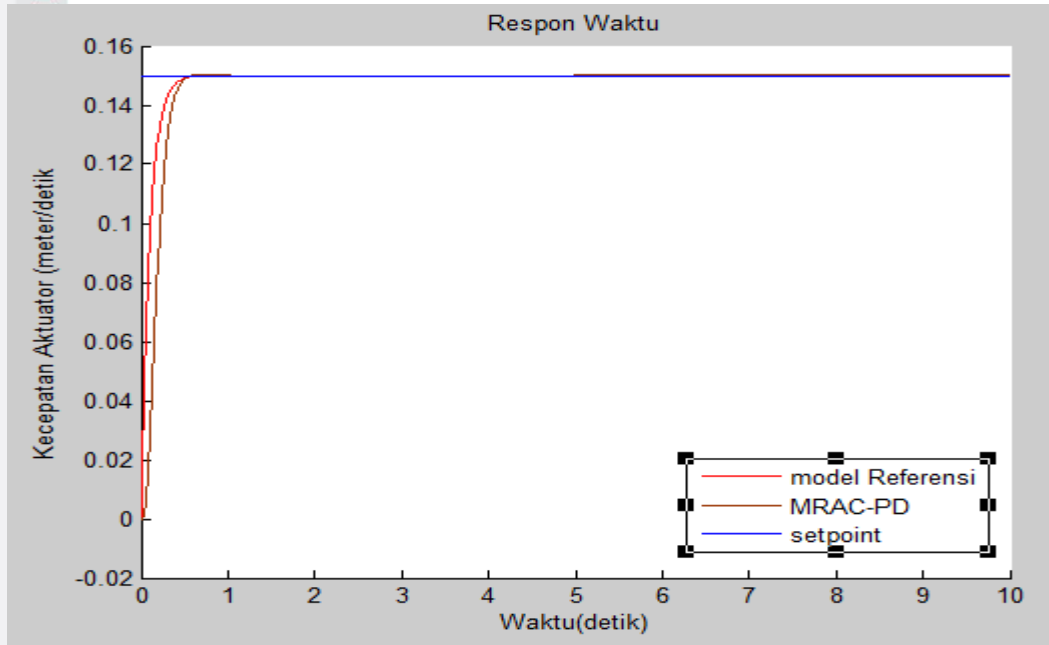
10. Hasil simulasi MRAC-PD dengan nilai $K_p = 15$ dan $K_d = 1$



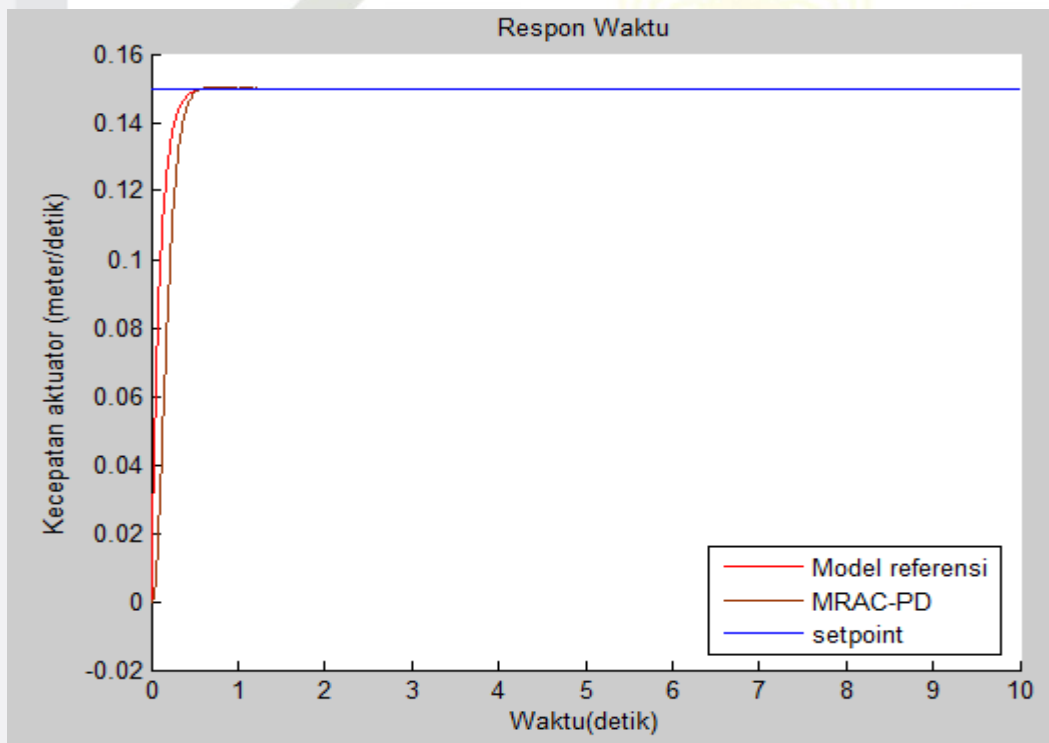
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1. Hasil simulasi MRAC-PD dengan nilai $K_p = 15$ dan $K_d = 1,5$



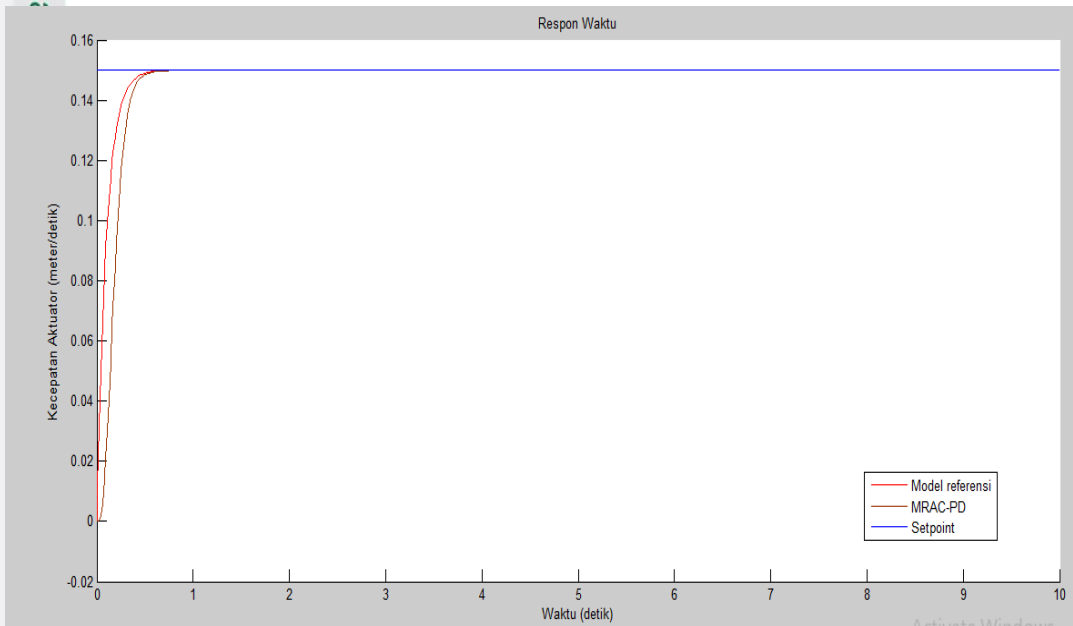
12. Hasil simulasi MRAC-PD dengan nilai $K_p = 15$ dan $K_d = 2$



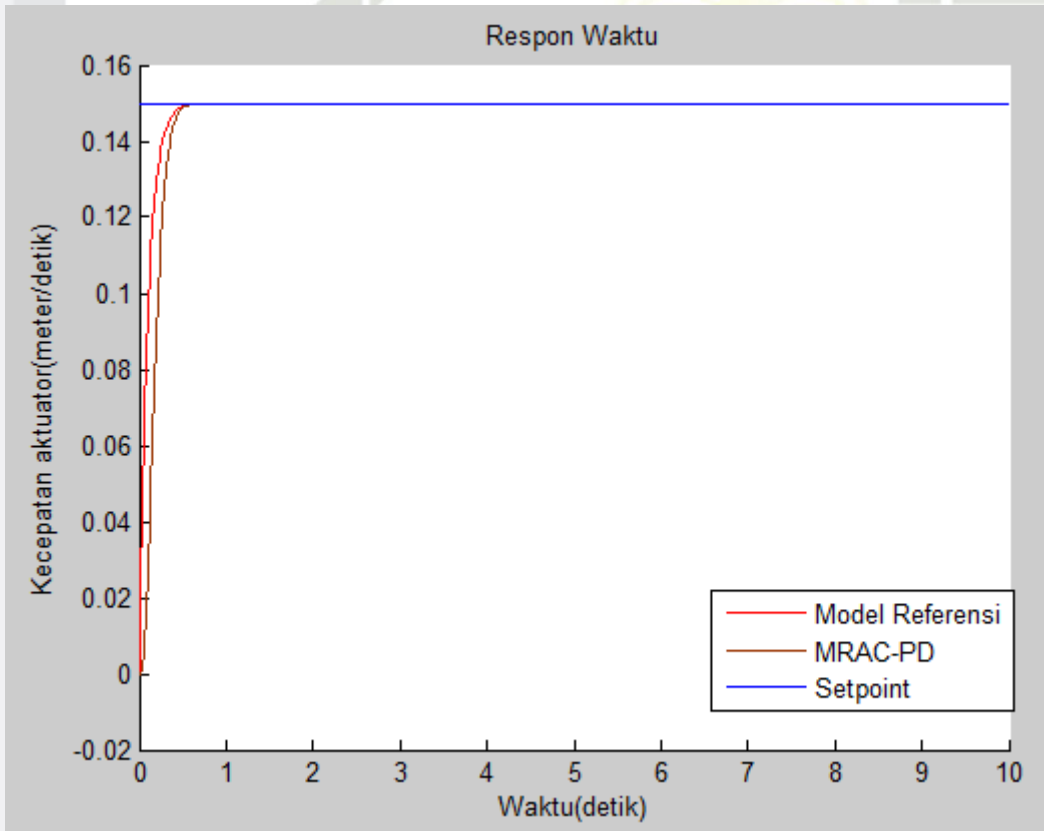
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

3. Hasil simulasi MRAC-PD dengan nilai $K_p = 20$ dan $K_d = 0,5$



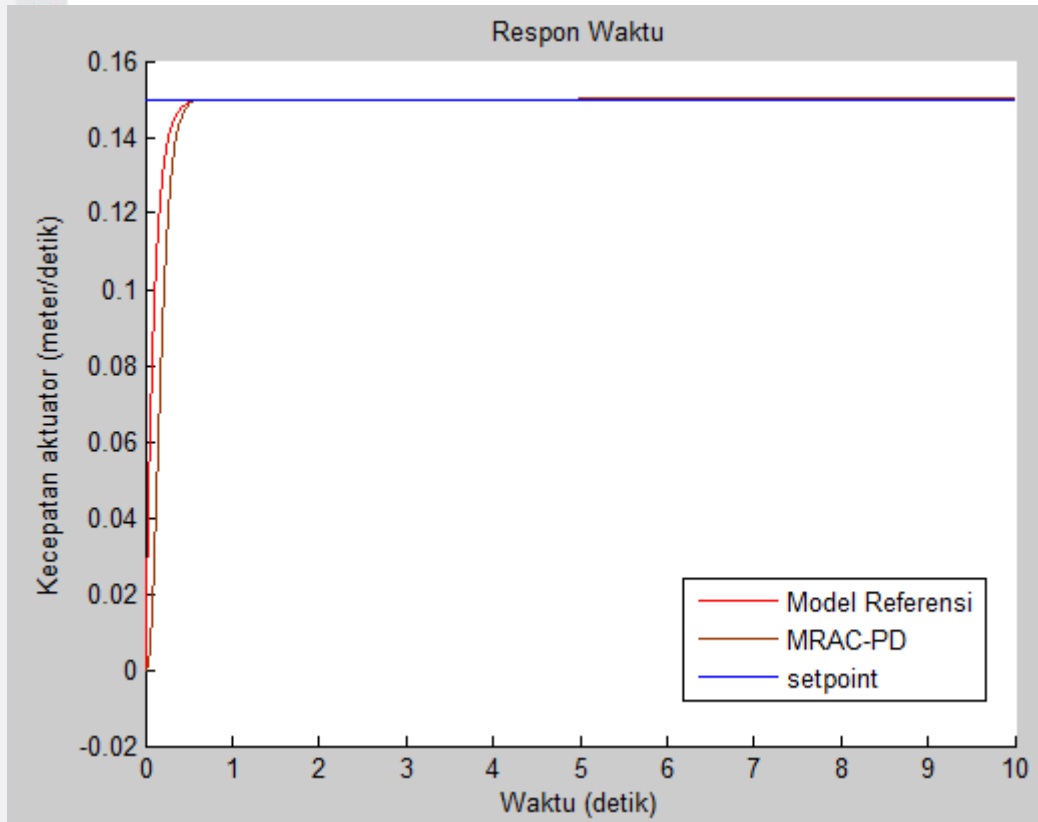
14. Hasil simulasi MRAC-PD dengan nilai $K_p = 20$ dan $K_d = 1$



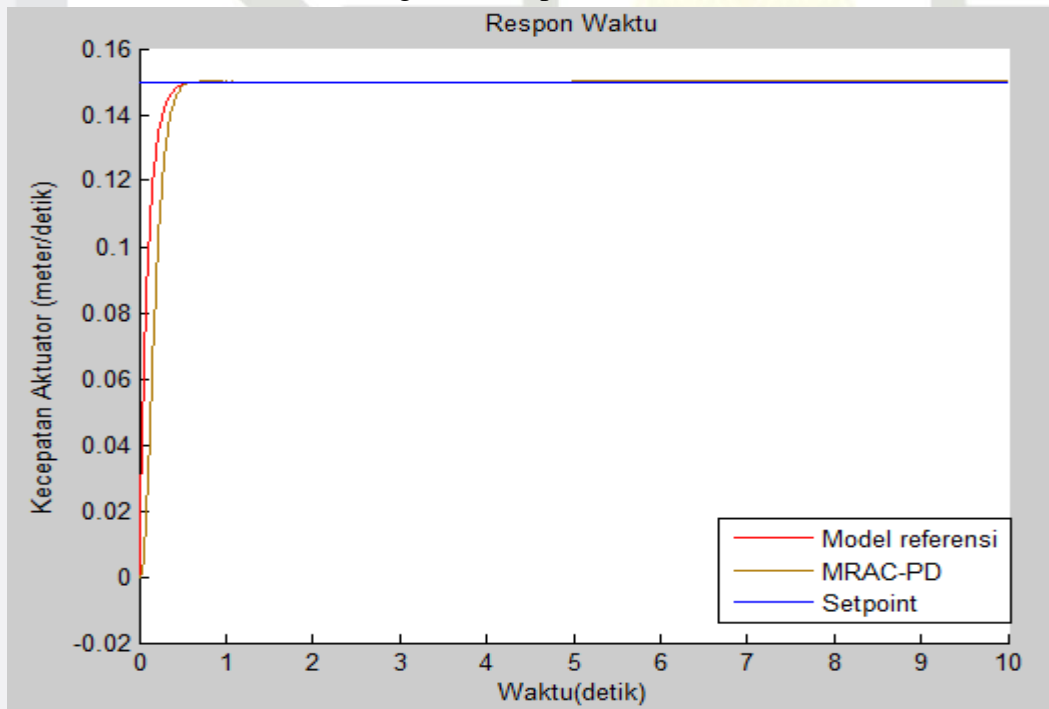
5. Hasil simulasi MRAC-PD dengan nilai $K_p = 20$ dan $K_d = 1,5$

Tak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



16. Hasil simulasi MRAC-PD dengan nilai $K_p = 20$ dan $K_d = 2$





DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Hariandi, lahir di Rantau Panjang pada tanggal 5 Januari 1995. Merupakan anak ke lima dari lima bersaudara pasangan Fahruji dan Hariati yang beralamat di Tembilahan Jalan H abd Gani Lr Swadaya Murni RT 002 RW 015 Tembilahan kota kab Indragiri Hilir Provinsi Riau.

Email : hariandi457@gmail.com

Hp : 085376636276



Riwayat pendidikan yang pernah di tempuh adalah SD 022 Rantau panjang pada tahun 2000-2006 setelah menamatkan sekolah dasar penulis melanjutkan sekolah di MTs.N 094 Tembilahan pada tahun 2006-2009 dan SMAN 1 Tembilahan Hulu pada tahun 2009-2012. Setelah tamat jenjang SMA penulis bekerja selama setahun kemudian pada tahun 2013 penulis melanjutkan pendidikan di perguruan tinggi di Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau, Fakultas Sains dan Teknologi, Program Studi Teknik Elektro. Penulis menyelesaikan pendidikan di Program Studi pada tahun 2021 dengan penelitian tugas Akhir berjudul **“PERANCANGAN PENGENDALI MRAC-PD UNTUK PENGENDALIAN KECEPATAN GERAK AKTUATOR HIDROLIK MESIN PRES PADA PROSES DEEP DRAWING”**

PADA

PROSES

DEEP

DRAWING”